DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang | 10. August 1928 | Heft 32

Ferdinand Braun zum Gedächtnis[1].

Von L. Mandelstam und N. Papalexi, Moskau.

Am 20. April 1918 verschied nach schwerem Leiden in Amerika Prof. Dr. Ferdinand Braun. In ihm hat die Physik und die physikalische Technik einen Forscher verloren, der auf vielen Gebieten fördernd und namentlich auf dem Gebiete der elektrischen Schwingungen bahnbrechend gewirkt hat. Ferdinand Braun gilt mit Recht als einer der Schöpfer der drahtlosen Telegraphie. In Anerkennung dieser Tatsache wurde ihm eine hohe Ehre zu teil: im Jahre 1909 wurde der Nobelpreis für Physik ihm und G. Marconi zuerkannt. Sein Werk lebt fort und seine Ideen wirken nach auch in der Entwicklung der modernen Radiotelegraphie.

Einer Aufforderung des Herausgebers dieser Zeitschrift nachkommend, geben wir hier einen kurzen Abriß seines Werkes.

Der Interessenkreis von F. Braun war außerordentlich umfangreich und entsprechend vielseitig war seine wissenschaftliche Tätigkeit, die sich auf alle Gebiete der Physik erstreckte. Es ist nicht möglich, in diesem Aufsatz eine einigermaßen erschöpfende Darstellung der von ihm erhaltenen Resultate zu geben, selbst wenn wir uns nur auf die wichtigsten beschränken würden. Ausführlicher wollen wir daher nur sein Werk auf dem Gebiete der elektrischen Schwingungen besprechen, bei dem es uns vergönnt war, mehrere Jahre unter seiner unmittelbaren Leitung und als seine Assistenten mitzuarbeiten. Es ist freilich unerläßlich, auch eine Anzahl seiner übrigen Arbeiten zu streifen. Schon in seinen frühen Untersuchungen, die lange vor der drahtlosen Telegraphie entstanden sind, finden sich die Keime für wichtige Entwicklungen dieses Gebietes. Wieder andere der von Braun erhaltenen Resultate sind zu bleibenden Bestandteilen der allgemeinen Physik geworden und manche der von ihm aufgeworfenen Fragen und Fragestellungen haben befruchtend gewirkt und zum Teil ihr Interesse bis heute behalten.

Eines dieser Probleme war die Aufklärung der Vorgänge in galvanischen Elementen. F. Braun war derjenige, der den prinzipiell richtigen Weg zur Berechnung der elektromotorischen Kraft aus thermischen Daten gewiesen hat. Vor ihm glaubte man, daß die EMK der galvanischen Elemente allein aus der Wärmetönung der chemischen Prozesse zu berechnen sei. Die Unzulänglichkeit dieser Annahme zeigte Braun einerseits durch gewisse theoretische Überlegungen und außerdem durch eingehende Messungen, die auch heute noch von Wert sind. Die EMK kann einen größeren oder kleineren Wert haben, als er sich aus der Wärmetönung berechnet. Um hier Klarheit zu gewinnen, muß der zweite Hauptsatz herangezogen werden. Brauns erste diesbezügliche Arbeit stammt aus dem Jahre 1878. Im Jahre 1882 hat dann Helmholtz das Problem unter Einführung des Begriffes der freien Energie in der bekannten Art behandelt.

Braun war ferner der erste, der bei galvanischen Ketten die Druckabhängigkeit der EMK untersuchte. Dieses spezielle Problem wurde von R. Gans im Straßburger Institut in seinen Grundlagen abgeschlossen. Für Braun gab die Beschäftigung mit diesen Dingen die Anregung zur Aufstellung des sog. Le Chatelier-Braunschen Prinzips, eines bekannten Satzes, dessen Gültigkeitsbereich nicht in vollem Umfange aufrechterhalten werden konnte.

Im Jahre 1891 entdeckte Braun eine neue elektrolytische Erscheinung, die er als Elektrostenolyse bezeichnete. Schickt man durch gewisse Elektrolyte (z. B. Silbernitratlösung) einen Strom hindurch, der durch einen sehr engen Spalt in einer isolierenden Scheidewand fließen muß, so findet am Spalt unter Umständen eine Metallabscheidung statt. Diese merkwürdige Erscheinung, deren vollständige Erklärung wohl noch aussteht, wurde von Braun eingehend untersucht. Im Anschluß an diese Arbeiten und an Untersuchungen Bequerels hat Braun weiter „elektrocapillare" Reaktionen verfolgt. Es sind dies Reaktionen zwischen zwei Lösungen, die durch eine poröse Wand getrennt sind und die durch die Poren der Trennungsschicht ineinander diffundieren.

Um dieselbe Zeit beschäftigte sich Braun mit den Erscheinungen, die bei Tropfelektroden auftreten. Er weist nach, daß der von Pellat gezogene Schluß, es sei keine Potentialdifferenz zwischen einem Metall und einer Lösung eines seiner Salze vorhanden, falsch ist. Er stellt Betrachtungen an über chemische Zersetzungen, die durch das Eintropfen von Quecksilber in Flüssigkeiten hervorgerufen werden: man würde jetzt von durch Adsorption bewirkten Zersetzungen sprechen. Im Zusammenhang sei weiter erwähnt, daß er wohl als erster die Beziehung formuliert hat, die zwischen der Volumänderung bei der Auflösung eines Salzes in seiner gesättigten Lösung und der Abhängigkeit der Löslichkeit vom Drucke besteht und daß er diese Beziehung thermodynamisch begründet hat. Braun hat ferner die interessante Tatsache festgestellt, daß die Kompressibilität von Wasser, indem gewisse Salze gelöst sind, kleiner ist als die von reinem Wasser.

Bei seinen Arbeiten kam es Braun immer vor allem auf die prinzipielle Seite an. Aber nicht nur seine Resultate und Fragestellungen sind interessant, sondern auch die Art seines Experimentierens.

[1] Die Veröffentlichung des Aufsatzes war für den 20. April d. Js. beabsichtigt, hat sich aber aus mannigfachen Gründen verspätet.

Er besaß ein außerordentliches Geschick und große Erfindungsgabe im Schaffen von Hilfsmitteln für das Experiment. Auf diese Weise entstanden Meßanordnungen und Apparate, die großes, selbständiges Interesse besitzen und Eingang in die physikalische Untersuchungs- und Meßtechnik gefunden haben. Um hier ein Beispiel zu nennen: In seiner Untersuchung über das elektrische Verhalten des Steinsalzes, bei der er Unterschiede der Dielektrizitätskonstante für verschiedene krystallographische Richtungen suchte, hat er ein einfaches Elektrometer beschrieben: das allbekannte BRAUNsche Elektrometer. Dieses sinnreich konstruierte Instrument zeichnet sich durch Einfachheit, Bequemlichkeit der Handhabung und durch kleine Kapazität aus.

Hierher gehört auch die BRAUNsche Röhre, die dem Physiker und Elektrotechniker so vertraute Kathodenstrahlröhre. Durch ihr praktisch trägheitsloses Funktionieren gibt sie die Möglichkeit, den zeitlichen Verlauf variabler Ströme und Spannungen bis zu außerordentlich hohen Frequenzen zu untersuchen. Diese von BRAUN gleich in seiner ersten Publikation betonte Eigenschaft seiner Röhre gibt ihr eine Sonderstellung unter allen oszillographischen Vorrichtungen. Für die schnellen Schwingungen, die in der Radiotechnik benutzt werden, ist die BRAUNsche Röhre das einzige Mittel, um den zeitlichen Verlauf im Detail zu untersuchen; als solches hat sie in den Händen BRAUNS und seiner Mitarbeiter viele Dienste geleistet. Durch Verwendung einer Glühkathode (WEHNELT) ist sie weiter vervollkommnet worden und ist heute ein unentbehrliches und vielbenutztes Hilfsmittel beim Arbeiten mit Wechselströmen aller Frequenzen.

Von BRAUNS Arbeiten, die nach ihrer Entstehung Bedeutung gewonnen haben für die drahtloseTelegraphie, sind außer dem eben genannten Beispiel vor allem zu nennen seine Untersuchungen über die Stromleitung durch gewisse schlechtleitende Krystalle. Bereits im Jahre 1874 beschreibt BRAUN die folgende, von ihm entdeckte Tatsache: schickt man einen elektrischen Strom durch Kupferkies, Schwefelkies, Bleiglanz, Fahlerz u. dgl., so beobachtet man, daß seine Stärke nicht proportional ist der EMK. Wenn dabei die Elektroden verschieden beschaffen sind, so hängt die Stromstärke auch von der Richtung der angelegten Potentialdifferenz ab. BRAUN hat beispielsweise bei seinen ersten Anordnungen Unterschiede der Stromstärke von 30% für entgegengesetzte Richtungen gefunden. Bei späteren Anordnungen waren die Unterschiede in der Stromstärke noch wesentlich größer, so daß man praktisch davon sprechen kann, daß der Strom nur in einer Richtung durchgeht. Diese Erscheinung, die eine Abweichung der Stromleitung vom Ohmschen Gesetz darstellt und die als unipolare Leitung bezeichnet wird, hat eine sehr wichtige Anwendung gefunden: auf ihr beruhen die von BRAUN erfundenen und in die Praxis der drahtlosen Telegraphie eingeführten Krystalldetektoren.

Abweichungen vom Ohmschen Gesetz spielen im Gebiete der elektrischen Schwingungen überhaupt eine ausgezeichnete Rolle. Nicht nur zum Nachweis der Schwingungen werden Leiter benutzt, bei denen der Strom der Spannung nicht proportional ist, sondern auch zu ihrer Erzeugung. Der Funke z. B. ist ein solcher Leiter, bei dem keine lineare Beziehung zwischen Strom und Spannung besteht, desgleichen der Lichtbogen, die Elektronenröhre. Man kann behaupten, daß jede neue Erscheinung oder neue Anordnung, die eine genügend ausgesprochene „Abweichung vom Ohmschen Gesetz" aufweist, zugleich eine neue Methode zur Erzeugung oder zum Empfang von Schwingungen ergibt. In diesem Zusammenhang ist es interessant, darauf hinzuweisen, daß BRAUN von seinen frühesten Arbeiten an mehrfach Vorgänge untersucht hat auf ihre Abweichung vom linearen Gesetz hin. (Außer den oben betrachteten noch: Unipolare Leitung in Gasen, Schwingungen belasteter Saiten, elastische Nachwirkungserscheinungen).

Mit den Problemen der drahtlosen Telegraphie beschäftigte sich BRAUN vom Jahre 1898 ab. Damals lag folgendes vor: im Jahre 1895 hatte A. POPOFF den Kohärer mit Klopfer und Relais in Verbindung mit einem Luftdraht (Empfangsantenne) zur Registrierung von Gewittern benutzt. In derselben Zeit hatte MARCONI Sendeversuche mit einem RIGHIschen Oszillator und daran gehängtem Luftdraht (Sendeantenne) angestellt. Zum Empfang benutzte er eine Anordnung, die wesentlich identisch war mit der POPOFFschen. Im Jahre 1897 ist es MARCONI gelungen, mit seiner Anordnung bei Spezia Entfernungen bis zu 15 km drahtlos zu überbrücken. Es zeigte sich bald, daß zur Erzielung größerer Reichweiten eine unverhältnismäßig viel stärkere Vergrößerung der Antennenhöhe notwendig war. So hat z. B. SLABY (1897) zur Überwindung einer Entfernung von 21 km über Land Luftdrähte von 300 m Länge verwandt, die von Luftballons getragen wurden. Auf diesem Wege, ohne Hinzufügung neuer Gedanken und ohne Erkenntnis der sich abspielenden physikalischen Vorgänge konnte offenbar die neue, glänzende Erfindung MARCONIS sich kaum weiter entwickeln.

Beides hat F. BRAUN geleistet: Er hat mit klarem Blick die prinzipielle Seite der Vogänge erkannt, die bei der verwandten Anordnung wirken, und er hat auf dieser Erkenntnis fußend, diejenigen Anordnungen geschaffen, die auch heute noch das Fundament der drahtlosen Telegraphie bilden. Man wird seine Leistungen wohl am besten übersehen, wenn man sich in diese erste Zeit zurückversetzt und die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie vom historischen Standpunkt betrachtet.

Es ist dabei zweckmäßig, den Komplex der physikalischen Erscheinungen, die in der drahtlosen Telegraphie auftreten, in drei Gruppen einzuteilen, die selbstverständlich miteinander zusammenhängen, die aber trotzdem getrennt behandelt werden können:

1. Die Vorgänge im Sender.
2. Die Ausbreitung der elektrischen Wellen.
3. Die Vorgänge im Empfänger.

Wie stand es seinerzeit mit den Fragen der ersten Gruppe? Es war nicht einmal die Hauptfrage gelöst: mit welchen Wellenlängen oder Schwingungszahlen man es beim Marconisender zu tun hat. Es waren nämlich keine ausgebildeten Mittel vorhanden, um diese für die Radiotechnik so fundamentalen Größen zu messen. Man neigte zur Ansicht, daß man es beim Marconisender mit sehr kurzen Wellen zu tun hätte, die durch die Kugeln der Funkenstrecke als Righi-Oszillator erzeugt werden, also mit Wellenlängen von der Größenordnung eines Meters.

BRAUN erkannte nun, daß dies nicht richtig sein konnte. Es mußte vielmehr der durch die Funkenstrecke geerdete Luftleiter als Ganzes betrachtet werden (Funkenkugeln + Draht), und diesem System kommt eine Grundeigenwelle zu, die hauptsächlich durch die Länge des Luftdrahtes bestimmt ist. Es war demnach zu erwarten, daß man es beim Marconisender nicht mit den HERTZschen Wellen im engeren Sinne, sondern mit viel längeren Wellen zu tun hat. Diese uns heute wohl als selbstverständlich anmutende Auffassung des ganzen Vorganges war damals nichts weniger als allgemein anerkannt. Die Erkenntnis der richtigen Auffassung ist für die ganze weitere Entwicklung der Radiotelegraphie maßgebend gewesen.

Nun war bereits damals ein Mittel bekannt, um elektrische Schwingungen von solch großer Wellenlänge zu erzeugen: der sog. Kondensatorkreis. Die oszillatorischen Entladungen eines solchen Kreises waren bereits 1862 von FEDDERSEN untersucht worden und später hat LODGE auch Resonanzversuche mit ihnen angestellt. BRAUN erkannte sofort die großen Vorteile, die die Verwendung des Kondensatorenkreises in der Radiotechnik bot. Sein Grundgedanke war der folgende: An einen Sender für drahtlose Telegraphie werden zweierlei Aufgaben gestellt: erstens müssen in ihm möglichst kräftige, hochfrequente Wechselströme erzeugt werden, sodann müssen dieselben in Strahlung, d. h. in elektrische Wellen, umgesetzt werden. Der Marconisender, der im Gegensatz zum Kondensatorkreis kein „geschlossener", sondern ein „offener" Schwingungskreis ist, strahlt vorzüglich. Dagegen ist der Kondensatorkreis, der praktisch selber nicht ausstrahlt, für die Erzeugung von starken, hochfrequenten Strömen dem offenen Schwingungskreis weit überlegen. Durch Vereinigung beider Gebilde entstand nun der berühmte BRAUNsche gekoppelte Sender. In seiner ersten Ausführungsform bestand er im wesentlichen aus einem Kondensatorkreis mit Funkenstrecke, der durch einen Induktor betrieben wurde, und aus dem mit dem Kreise direkt oder induktiv gekoppelten Luftdraht, der jetzt keine Funkenstrecke enthielt. Die im Kondensatorkreis entstehenden Schwingungen erzeugen Ströme im Luftdraht und werden von diesem ausgestrahlt.

Eine ähnliche zwiefache Aufgabe wie beim Senden entsteht auch beim Empfang. Es müssen zunächst die vom Sender ankommenden elektrischen Wellen aufgefangen werden, wobei sie in hochfrequente Ströme umgesetzt werden, die dann ihrerseits die Zeichenwiedergabe im Telephon oder Schreibapparat bewirken. Auch hier eignet sich zum Empfangen der Wellen der Luftdraht, wie ihn POPOFF und MARCONI verwandt hatten, vorzüglich. Er eignet sich aber viel weniger gut für eine zweckmäßige Ausnützung der aufgefangenen Energie, wozu, wie BRAUN erkannte, wiederum der Kondensatorkreis hervorragend geeignet ist. So entstand durch Verbindung des Luftdrahtes mit einem oder mehreren Kondensatorenkreisen der gekoppelte BRAUNsche Empfänger.

Dem BRAUNschen Ideengang weiter nachgehend, sei hier folgendes erwähnt: Beim einfachen Marconisender konnte man bei gegebenem Luftdraht die Energie nur dadurch steigern, daß man zu immer höherer Ladespannung überging. Das zog nach sich eine Vergrößerung der Funkenlänge, was wiederum bei den kleinen Kapazitäten der Luftdrähte eine derartig vergrößerte Energievergeudung im Funken selbst verursachte, daß der Gesamtgewinn an nützlicher Energie illusorisch wurde. Im Gegensatz dazu hat man beim BRAUNschen Sender die Möglichkeit, durch passende Wahl der Kapazität des geschlossenen Kreises die nutzbare Energie in viel stärkerem Maße zu vergrößern. Die Funkenstrecke im Luftdraht fehlt bei der BRAUNschen Anordnung vollständig, sie befindet sich im geschlossenen Kreise, wo sie viel weniger schädlich wirkt. Als BRAUN den Kondensatorkreis in den Sender einführte, konnten diese energetischen Überlegungen als sehr wesentlich erscheinen. Damals lagen nur wenige Messungen über den Energieverbrauch im Funken vor. Spätere Untersuchungen, namentlich die Arbeiten von J. ZENNECK, M. WIEN und anderen haben, wie BRAUN selbst in seinem Nobelvortrag ausdrücklich betont, gezeigt, daß der Versetzung des Funkens aus der Antenne in den geschlossenen Kreis nicht immer die entscheidende Rolle zuzuschreiben ist, die man nach dem anfänglichen Stand der Kenntnisse anzunehmen hatte.

Aber auch abgesehen von dieser Energiefrage bedeutet der BRAUNsche Sender einen ganz wesentlichen Fortschritt gegenüber dem ursprünglichen Marconisender. Es sei nur noch auf folgende Vorteile hingewiesen:

1. Man gewinnt eine größere Freiheit in der Wahl der Höhe der primären Spannung.

2. Die Anforderungen, die an die Isolation der Antenne gestellt werden müssen, sind bei dem BRAUNschen gekoppelten Sender viel geringer als bei dem einfachen Sender, der statisch isoliert werden muß. Diese Tatsache hat große praktische Bedeutung.

Schwingungssysteme mit mehreren Freiheitsgraden, von denen die BRAUNschen gekoppelten Systeme einen Spezialfall darstellen, waren theore-

tisch und auch experimentell mehrfach untersucht worden, namentlich in Anwendung auf mechanische und akustische Probleme (Lord RAYLEIGH, M. WIEN u. a.). Die Schöpfungen BRAUNS belebten das theoretische Interesse und gaben die Mittel, um die Erscheinungen gekoppelter Systeme bequem zu verwirklichen und zu prüfen. Dadurch wurden weitere physikalische Kreise erst vertraut mit den Gesetzen dieser wichtigen Vorgänge, bei denen man auf Resultate stieß, die damals für den theoretisch nicht Geschulten unerwartet erscheinen mußten. Beispielsweise auf das Auftreten zweier voneinander verschiedener Schwingungszahlen bei der Koppelung zweier vollständig gleicher Systeme.

Hier soll bezüglich der Tragweite der BRAUNschen Erfindung noch folgendes bemerkt werden, das uns recht wesentlich erscheint. Es kann meistens geradezu als ein Merkmal einer wirklich grundlegenden Erfindung gelten, daß ihre Bedeutung weit über den unmittelbaren Anwendungszweck hinausragt, für den sie ursprünglich geschaffen worden ist. Dies trifft bei dem BRAUNschen Kondensatorkreis in höchstem Maße zu. Die ganze Technik des Sendens hat seit der Zeit, wo BRAUN den geschlossenen Kreis in die Praxis einführte, viele Wandlungen erfahren. Der Sender mit dem knallenden Funken ist durch den WIENschen Sender ersetzt worden, bei dem die grundlegende Erfindung des Löschfunkens verwandt wurde. Aber beim WIENschen Sender ist gerade der geschlossene Kreis ein unentbehrlicher Bestandteil. Dann kam die Ära der ungedämpften Wellen, zunächst der Poulsensender, dann die durch ALEXANDERSON, GOLDSCHMIDT, GRAF ARCO u. a. ausgebildete Hochfrequenzmaschine und schließlich der auf dem MEISSNERschen Rückkoppelungsprinzip fußende Elektronenröhrensender. Bei keiner dieser Methoden darf der geschlossene Kondensatorkreis fehlen, wenn die Ausnützung günstig sein soll. Seine Funktion ist je nach den Umständen verschieden, aber seine Bedeutung bleibt immer vorherrschend. Analoges gilt auch bezüglich der Empfangsmethoden, die ebenfalls im Laufe der Entwicklung die mannigfachsten Veränderungen erfahren. Die Verwendung der Elektronenröhre hat eine vollständige Umwälzung gebracht und Möglichkeiten geschaffen, an die in den ersten Entwicklungsjahren kaum gedacht werden konnte. Aber auch bei den modernsten Empfangseinrichtungen bleibt die Verwendung des geschlossenen Kondensatorkreises eins der besten und meist benutzten Mittel zur Erzielung einer möglichst hohen Selektivität.

Wenn wir also in der drahtlosen Telegraphie gekoppelte Schwingungskreise mit BRAUNS Namen verknüpfen, so geschieht das mit vollem Recht. Denn, wenn auch der Kondensatorkreis an sich als elektrisches Schwingungssystem bereits lange vor der Radiotelegraphie bekannt war, ist es doch zweifellos BRAUNS Verdienst, seine Bedeutung für diese Technik klar erkannt und ihn in dieselbe eingeführt zu haben.

Kehren wir nun nach dieser Abschweifung zurück zu den Arbeiten, die sich seinerzeit an die Entstehung des BRAUNschen Senders anschlossen. Nachdem sich BRAUNS Ideen gleich bei seinen ersten Versuchen, die hauptsächlich von M. CANTOR und J. ZENNECK ausgeführt wurden, bewährt hatten, entstand eine große Zahl von Nebenfragen, deren Lösung notwendig wurde. Vor allem galt es Meßmethoden und Anordnungen auszuarbeiten, die dem jungen Zweig der Technik angepaßt waren. Die Meßmethoden für Stromstärke, Spannung u. dgl. konnten für die schnellen Schwingungen nicht direkt aus der damaligen Elektrotechnik übernommen werden. Es traten weiter auch ganz neue Anforderungen an die Meßtechnik heran: die Messung von Frequenzen oder Wellenlängen und von logarithmischen Dekrementen. Im Prinzip war die Verwendung der Resonanzerscheinungen für diese Zwecke seit BJERKNES bekannt. Diese Methoden mußten aber für das neue Gebiet (Wellenlängen von anderer Größenordnung, hundertmal größer) ganz wesentlich umgearbeitet werden. Vor allem mußte ein leicht zu handhabender und bequemer Apparat zur Messung von Frequenzen (Frequenzmesser oder Wellenmesser) geschaffen werden. Die Methoden sind in Straßburg von J. ZENNECK u. a. ausgearbeitet worden und sie sind für die Meßtechnik der drahtlosen Telegraphie grundlegend geworden. Sie haben zu dem ersten wirklich praktisch brauchbaren KÖRSEL-DÖNITZschen Wellenmesser geführt, der aus einem Kondensatorkreis mit geeichtem variablem Kondensator und thermischem Stromanzeiger besteht. Der Wellenmesser ist bis heute prinzipiell unverändert geblieben.

Einer der wesentlichsten Bestandteile der Empfangseinrichtung ist bekanntlich der Detektor, d. h. eine Vorrichtung, die die im Empfänger unter dem Einfluß der ankommenden Wellen sich ausbildenden hochfrequenten Ströme anzeigbar macht. Als Detektor wurde in den Anfängen der drahtlosen Telegraphie der sog. Kohärer benutzt. Dieser blieb aber trotz der Bemühungen einer ganzen Reihe von Erfindern ein außerordentlich diffiziler und inkonstanter Apparat, der sich für technische Zwecke nur recht mangelhaft eignete. Es ist somit verständlich, daß die Bestrebungen vieler Forscher darauf hinzielten, neue, besser geeignete Detektoren aufzufinden. Auch hier gebührt BRAUN das große Verdienst, eine Detektorklasse geschaffen zu haben, die, was Einfachheit betrifft, auch heute noch unbesiegt dasteht. Lange Zeit hindurch hatte sie alle anderen Detektoren verdrängt und allein den Empfang beherrscht. Es sind dies die Krystalldetektoren, deren Wirkungsweise wir oben dargelegt haben, und die BRAUN bereits im Jahre 1899 für den Empfang zu verwenden begann.

Neben diesen grundlegenden Arbeiten, welche sich unmittelbar auf die Vorgänge beim Senden oder Empfang bezogen, wurde BRAUNS Interesse durch Fragen beansprucht, die im Zusammenhang mit der Ausbreitung der elektrischen Wellen stehen.

Hierher gehören die Fragen des gerichteten Sendens und Empfangens. Bereits im Jahre 1902 machte BRAUN erfolgreiche Versuche mit einem fast horizontalen (ca. 10° gegen den Horizont geneigten) Empfangsdraht, welche zeigten, daß ein solcher Draht Wellen, die sich in seiner eigenen Richtung fortpflanzen, vorzugsweise empfängt. Damit wurde eine besondere Klasse von Empfangsantennen geschaffen (L-Antennen, Horizontal- oder Erd-Antennen), deren vorläufiger Entwicklungsabschluß heute wohl in der Beverage-Antenne zu erblicken ist. Die Wirkungsweise solcher Antennen beruht bekanntlich auf der unvollkommenen Leitfähigkeit des Erdbodens. Entsprechende Anordnungen — z. B. L-Antennen — sind auch zum gerichteten Senden angegeben worden, doch ist ihre Richtwirkung dafür sehr gering.

Die Aufgabe des gerichteten Sendens ist durch BRAUN von einer ganz anderen Seite aufgefaßt worden. Das Prinzip seiner Methode ist das folgende: es werden zwei oder mehrere getrennte vertikale Luftleiter benutzt, die in mit der Wellenlänge vergleichbaren Abständen aufgestellt sind und die mit phasenverschobenen Schwingungen gespeist werden. Man kann die Abstände oder die Phasenverschiebungen derart wählen, daß die Strahlung vorzugsweise nach einer bestimmten Richtung erfolgt. Derartige Versuche wurden in den Jahren 1904 und 1905 auf dem Straßburger Exerzierplatz Polygon durchgeführt. Das Feld wurde in Entfernungen, die einige Wellenlängen betrugen, mit einer Bolometeranordnung gemessen. Das Resultat entsprach den Erwartungen. Diese theoretisch einwandfreie Methode für gerichtetes Senden hat bis jetzt für lange Wellen keinen Eingang in die Technik gefunden, hauptsächlich wohl auch deshalb, weil sie immerhin ziemlich komplizierte und kostspielige Anlagen erfordert. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß die Technik bei der weiteren Entwicklung der Radiotelegraphie, namentlich des kurzwelligen Senders, noch einmal auf den BRAUNschen Gedanken zurückgreift. Ähnliche Anordnungen sind übrigens bereits verwirklicht worden.

Im letzten Vorkriegsjahr beschäftigte sich BRAUN wieder mit dem gerichteten Empfang. Diesmal in Verbindung mit anderen allgemeinen Fragen. Es sollten zum Auffangen der elektrischen Wellen geschlossene Schwingungskreise benutzt werden, im Gegensatz zu den bis dahin allgemein benutzten offenen Kreisen. Bei diesen Versuchen entstand 1913 in Straßburg die Rahmenantenne, die heute als Empfangsantenne weiteste Verbreitung gefunden hat. Der Rahmenempfang bietet gegenüber dem Empfang durch offene Schwingungskreise wesentliche Vorzüge. Man kann sich bei ihm freimachen von Störungen, die aus bestimmten Richtungen kommen, und hat somit größere Störungsfreiheit. Weiter hat man die Möglichkeit der drahtlosen Peilung usw. Diese Vorzüge, welche heute wohl allgemein anerkannt sind, wurden von BRAUN klar erkannt. In seinem ersten Bericht finden sich schon Versuche zur Bestimmung der Richtung der vom Eiffelturm ausgesandten Wellen. Daran knüpften sich dann Untersuchungen über die Richtungsbestimmung des elektrischen Vektors im Felde der ankommenden Wellen. Weiter wurde zum ersten Male die Feldstärke in Wellen der drahtlosen Telegraphie (ebenfalls Eiffelturmwellen in Straßburg) dem absoluten Wert nach bestimmt. Heute ist die Kenntnis der Feldstärke der am Empfangsort ankommenden Wellen unentbehrlich geworden zur Beurteilung des Funktionierens der Stationen. Allen modernen Methoden zu ihrer Messung liegt im wesentlichen die BRAUNsche Anordnung zugrunde.

Wir haben versucht einen kurzen Abriß von BRAUNS Arbeiten auf dem Gebiete der drahtlosen Telegraphie zu geben. und wir haben uns bemüht zu zeigen, wie grundlegend seine Ideen auch für die moderne Entwicklung der Radiotechnik geblieben sind. Faßt man das oben Gesagte zusammen, so wird man nicht umhin können, der BRAUNschen Leistung eine bahnbrechende Rolle in der Entwicklung der drahtlosen Telegraphie zuzuschreiben. BRAUN hat aufklärend und schöpferisch auf dem gesamten Gebiet der Radiotelegraphie gewirkt und sein Name wird stets unter den allerersten bleiben in der Entwicklungsgeschichte dieses schönen Anwendungsgebietes der Physik.

Die Arbeiten, die BRAUN auf dem Gebiete der elektrischen Schwingungen ausführte, gaben ihm Anregung zu einer ganzen Reihe anderer Arbeiten, die in einem gewissen Zusammenhang damit stehen. So stellte er sich die Aufgabe zur Erscheinung der anisotropen Brechung der Optik das Analogon bei HERTZschen Wellen herzustellen (Backsteingitter). So fand er ferner zu einer Erscheinung, die bei HERTZschen Wellen bekannt und vielfach untersucht war, das optische Analogon. Es handelt sich um den HERTZschen Gitterversuch, der in seiner klassischen Form bekanntlich wie folgt durchgeführt wird: man läßt eine linear polarisierte elektrische Welle auf ein Drahtgitter auffallen, dessen Drahtabstände klein gegen die Wellenlänge sind. Wenn der elektrische Vektor senkrecht zu den Gitterdrähten steht, wird die Welle fast ungeschwächt durchgelassen. Schwingt dagegen der elektrische Vektor parallel zu den Drähten, so wird die Welle stark reflektiert und nur schwach durchgelassen. Ein Gitter mit der für die sichtbare Lichtstrahlung nötigen Feinheit ist mechanisch nicht herstellbar. BRAUN machte nun die höchst interessante Beobachtung, daß die Metallbeschläge, die man auf Glas erhalten kann durch Zerstäubung von dünnen Drähten mittels starker Kondensatorentladung, ein Verhalten zeigen, das dem Verhalten des HERTZschen Gitters völlig analog ist. Läßt man linear polarisiertes Licht durchgehen, dessen Polarisationsebene parallel ist zur Achse des zerstäubten Drahtes, so erscheint das Präparat, das man im Mikroskop mit schwacher Vergrößerung beobachtet, dunkel. Dreht man den Polarisator um 90°, so hellt sich das Feld auf. BRAUN hat diese

von ihm entdeckte Erscheinung gedeutet, indem er annahm, daß der Metallniederschlag eine feine submikroskopische Gitterstruktur aufweist, und er hat diese Erklärung durch weitere, fein ausgedachte Experimente gestützt. Diese letzten Versuche (namentlich die Dissertation von UNGERER) erscheinen beweisend dafür, daß man es hier mit dem Hertzschen Gitterversuch im sichtbaren Spektrum zu tun hat. BRAUN hat in einer Reihe von Arbeiten versucht, die Erscheinung zur Analyse feinster Strukturen und organischer Gebilde anzuwenden.

Wir wollen uns begnügen mit diesen Beispielen, durch die BRAUNS Untersuchungen und Entwürfe zu neuen Arbeiten auf dem Grenzgebiete zwischen Optik und Elektrizitätslehre keineswegs erschöpft sind, und wollen damit unseren Abriß über BRAUNS Forschungsarbeiten schließen.

Als Lehrer wird BRAUN allen, denen es vergönnt war, in seinem Institut zu arbeiten, unvergeßlich bleiben. Er überließ es jedem, nach seiner eigenen Individualität zu handeln und seiner Neigung nachzugehen. Dabei verfolgte er alle Arbeiten mit fortwährendem Interesse und unterstützte stets mit Rat und Tat. Und sein Rat war mehr als aufklärend: BRAUN war ein Voraussehen der Erscheinungen und ein Gefühl des Experimentierens eigen, die nicht erlernt werden können und die nur auserwählten Forschernaturen gegeben sind. Diese Eigenschaften, denen er zum großen Teil seinen Forschererfolg verdankt, kamen auch seinen Schülern zugute.

Als Persönlichkeit wirkte BRAUN durch seine Natürlichkeit und Freundlichkeit und durch sein außerordentliches Wohlwollen ungemein anziehend.

BRAUNS Forscherleistungen sichern ihm in der Wissenschaft einen hohen Ehrenplatz, und alle, die das Glück hatten, mit ihm in nähere Beziehungen zu treten, werden das Andenken des großen, welterfahrenen, klugen und doch so gütigen Mannes stets mit Liebe und Ehrfurcht bewahren.

Eine neue Theorie der Nervenfunktion.
Nicht durch gesonderte Bahnen, sondern durch spezifische Formen der Erregung schaltet das Nervensystem mit den Muskeln[1].

Von PAUL WEISS, Wien, z. Zt. Berlin-Dahlem.

I.

Ein gelenkiges Gestänge (Skelett) mit Motoren (Muskeln) daran — das ist so im wesentlichen das Bild unseres Bewegungsapparates. Dabei sind die Muskeln nicht nur Speicher und Transformatoren für die bewegende Energie, sondern sie sind es auch, die der Bewegung ihre Richtung geben. Freilich bedeutet die anatomisch feste Anheftung der Muskelenden, daß der Bewegung, die der *einzelne* Muskel ins Werk setzen kann, nur *ein einziger* Freiheitsgrad offen steht. Erst durch die entsprechende *Kombination* der vielen, in verschiedenen Wirkungsrichtungen angreifenden Muskeln kann die unübersehbare Vielfältigkeit des Bewegungsspieles, wie sie etwa in der Fingerfertigkeit des Pianisten gipfelt, erzeugt werden. Also müssen die Einzelleistungen der Muskeln zu einer *geordneten Gemeinschaftshandlung* zusammengefaßt und angeleitet werden; dann nur treten sie als einheitliche und sinngemäße Bewegung der Gliedmaße, oder welcher Körperteil es sonst sein mag, in Erscheinung.

Jede besondere Bewegung aber erfordert eine *typische Auswahl* der in Betrieb zu setzenden Muskeln und ein typisches Intensitätsverhältnis ihrer wechselseitigen Tätigkeiten; Auswahl und Intensitätsverhältnis bestimmen *Form* und *Richtung*, die absoluten Intensitätswerte dagegen die *Stärke* der Gesamtaktion. Diese geordnete und zweckentsprechende Inbetriebstellung des Muskelapparates bezeichnen wir als *Koordination;* der sie leitet, der die typische Arbeitsverteilung organisiert, ist das *Nervensystem*, und die Erregungen in den Nerven sind die Weisungen, die vom Zentralorgan, Gehirn und Rückenmark, aus an die Arbeitsfront des Muskelsystems oder, wie wir kurz sagen können, an die *„Peripherie"* erfließen. Der einzelne Muskel hat begreiflicherweise ebensowenig Überblick über die Gesamtsituation, der er dient, wie die Lokomotive über die Gegend, durch die sie fährt; das Zentralorgan, dem von den Sinnesorganen alle Nachrichten über die Zustände außerhalb und innerhalb des Organismus zuströmen, ist es, in welchem die gewonnenen „Eindrücke" sich zu einer entsprechenden Reaktion verarbeiten; hier, intrazentral, ist also die Stelle, wo über die Koordination *entschieden* wird, wo bestimmt wird, daß für eine erforderliche Bewegung dieser und jener Muskel, und jeder von ihnen mit einer angemessenen Stärke, in Aktion trete. Wie aber wird den Muskeln die Koordination *vermittelt?*

II.

Diese Frage zu beantworten, hat die anatomische Konstruktion des Nervensystems den Weg gewiesen, einen Weg, der von der Physiologie allgemein beschritten worden ist und der denn auch zu einer Lösung geführt hat, die bis vor kurzem befriedigen konnte.

[1] Eine ausführliche Darstellung der im folgenden skizzierten Tatsachen und Überlegungen befindet sich unter dem Titel „Erregungsspezifität und Erregungsresonanz" in Bd. III der *„Ergebnisse der Biologie"* (Berlin: Verlag J. Springer). Frühere Mitteilungen zu demselben Thema erschienen: Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien, Anz. Nr. 22/23. 1922 und Nr. 10. 1923 (vorl. Mitteilung); Arch. f. mikroskop. Anat. u. Entwicklungsmech. **102**, 635—672. 1924; Journ. of comp. neurol. **40**, Nr. 1. 1926; Science (USA) **65**, Nr. 1676. 1927.

Das Zentralnervensystem (ZNS.) ist ein Körper, welcher Tausende und Tausende von erregbaren Zellen in dichtestem Geflecht, nach allen Richtungen hin untereinander kommunizierend, enthält; ein solcher Bau scheint vorzüglich dazu disponiert, einer Vereinigung und Verarbeitung der vielen zuströmenden Einzelerregungen, wie sie aus den Sinnesorganen eintreffen, zu dienen. Von einem Teil dieser Zellenmasse gehen nun lange Ausläufer zentrifugalwärts an die Peripherie hinaus ab, die *Nervenfasern*, welche, wenn sie auch in größeren Verbänden als „Nerven" geschlossen die Wegstrecke durchmessen, dennoch jede für sich eine isolierte Verbindung einer Nervenzelle mit einem oder wenigen Muskelelementen darstellen.

Man dachte nun so: Soll für eine bestimmte Bewegung eine bestimmte Auswahl von Muskeln zur Funktion gebracht werden, so brauchen vom ZNS. aus bloß eben die zu den betreffenden Muskeln hinleitenden Nervenbahnen erregt werden und der beabsichtigte Erfolg ist gesichert. Bei den beschriebenen anatomischen Verhältnissen lag eine solche Annahme begreiflicherweise am nächsten.

Das gegebene Beispiel eines Mechanismus von solcher Art ist das *Klavier:* Die *Saiten* entsprechen den *Muskeln*, und die *Tasten-Hammervorrichtungen*, deren es für jeden Ton eine gibt, haben, indem sie den Anschlag auf die Saiten übertragen, gewissermaßen die Rolle der *Erregungsleiter*, der Nervenfasern. Ein Klang ist aus vielen Einzeltönen zusammengesetzt, so wie die Bewegung aus vielen einzelnen Muskelleistungen. Und wie man, um einen bestimmten Klang zu erzeugen, eine ganz bestimmte Auswahl der vorhandenen „Erregungsvorrichtungen" anschlagen muß, so hielt man auch die *Koordination der Gliederbewegung* in der Weise zustandegebracht, daß *vom ZNS. nur über die entsprechend ausgewählten Bahnen Erregung abgeschickt würde.*

Folgendes Schema gibt den Kern dieser klassischen Auffassung der Nervenphysiologie wieder (Fig. 1): Die Peripherie besteht aus den Muskeln *A, B, C, D, E* . . ., und jeder dieser Muskeln ist mit zentralen Nervenzellen *a, b, c, d, e* . . . isoliert verbunden[1]. Die Verbindungen zwischen Zentrum und Peripherie seien a, b, c, b, e.

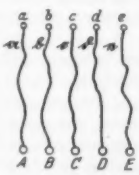

Fig. 1. Normale Verbindung zwischen Zentralnervensystem und Muskelsystem. Die Ganglienzellen (kleine Buchstaben) sind mit den Muskelelementen (große Buchstaben) durch separate Leitungen (deutsche Buchstaben) verbunden. (Schematisch.)

[1] Was hier mit Rücksicht auf eine einfache und übersichtliche Darstellung für den ganzen Muskel gesagt wird, gilt natürlich schon für das einzelne Muskelelement und die zugehörige einzelne Nervenzelle; ebenso alles weitere.

Um eine Bewegung, an welcher die Muskeln *A, C* und *D* teilnehmen sollen, herbeizuführen, müßten und dürften bloß die Bahnen a, c und b in Erregung versetzt werden, solches als Erfolg der Erregung der zentralen Zellgruppen *a, c, d*. Dem peripheren Erregungsmuster $A + C + D$ entspräche ein *geometrisch ähnliches* Muster $a + c + b$ in den *Zuleitungswegen;* das Wesen dieser Auffassung wäre also dahin auszudrücken, daß sie die periphere Koordinationsleistung auf *„Erregungsgeometrie"* zurückführt.

Es ist das die allgemein herrschende Meinung, wenigstens soweit es sich um die typische *Auswahl* der Muskeln dreht. Was freilich die *Stärke* der Erregung, die den ausgewählten übermittelt wird, anlangt, so gehen da die Meinungen schon beträchtlich auseinander: die einen lassen die Erregungen der einzelnen Nervenfasern selbst von abstufbarer Wirkung sein können, die anderen führen, konsequent Geometrie treibend, die Intensität der Erregung auf die *Zahl* der erregten Fasern zurück.

Daß man die ganze Konzeption nicht hat in der Luft hängen lassen, sondern ihr einen entsprechenden experimentellen Unterbau gezimmert hat, versteht sich.

III.

Der Physiologe, der den fertigen Organismus vor sich hat, konnte in der Tat bis heute im großen und ganzen sein Auslangen finden auf dem Boden der Grundannahme: Jede Ganglienzelle kutschiert „ihr" Muskelelement. Hätte sich aber der Physiologe mehr um die Embryologie und der Embryologe um Physiologie gekümmert, dann hätte gar bald sich von beiden Seiten her Unbehagen geltend gemacht. Bedenke man doch nur einmal, daß das *ZNS.* ja nicht von allem Anfang an die Herrschaft über das *Muskelsystem* besitzt, *daß es vielmehr diese Herrschaft erst im Laufe der embryonalen Entwicklung ganz allmählich erwirbt*, und gar auf welche Weise!

Was nämlich die späteren funktionellen Beziehungen angeht, so vollzieht sich die Anlage des ZNS. und des Muskelsystems jede völlig unabhängig von der anderen, und die Beziehungsaufnahme erfolgt erst verhältnismäßig spät, und zwar von seiten des ZNS. Dessen Zellen sind es, welche mit einem Male jene langen Ausläufer, die Nervenfasern, aussenden. Senden sie sie nun einfach richtungslos aus oder etwa allgemein zu den Muskeln, oder am Ende gar bestimmte zu bestimmten Muskeln? Wir sind um die Antwort heute nicht mehr verlegen; wir wissen, dank einer experimentellen Analyse, die besonders in der jüngsten Zeit durch DETWILER ein Stück weitergebracht worden ist, daß das Auswachsen einerseits *weder völlig richtungslos, noch aber auch, und das schon gar nicht, in einer ganz bestimmten Richtung* erfolgt. Die Sache liegt nämlich so, daß ein *genereller* Einfluß von seiten der Peripherie wohl die ausschwärmenden Nervenfasern in

eine zentrifugale Direktion lenkt, ja es scheint sogar das Gebiet der entstehenden Extremität, offenbar infolge der Regsamkeit der Stoffwechselvorgänge, eine besondere Attraktion, freilich *unspezifische* Attraktion, auszuüben; aber von dieser allgemeinen und summarischen Richtunggebung abgesehen, bleibt der Lauf der *einzelnen* Nervenfasern ein durchaus *zufälliger*, abhängig bloß von den individuellen Eigenheiten der durchmessenen Wegstrecke und mit ihnen schwankend, ohne festen Weg, ohne festes Ziel. Die Anordnung der zentralen Zellen (Ganglienzellen) variiert im einzelnen von Fall zu Fall, es variiert die Lage der Muskeln; wie soll da ohne bis ins einzelne richtunggebendes Wirken der Abkömmling einer Ganglienzelle zu „seiner" Muskelzelle hinfinden? Noch dazu lehren die Experimente, daß, von wo immer eine Nervenfaser kommen mag, und wenn sie völlig fremden Segmenten entstammt, sie, sobald sie nur zu irgendeinem Muskel gelangt, mit ihm eine funktionelle Verbindung eingeht.

Eine entwicklungsgeschichtliche Zusammengehörigkeit von *bestimmten* Ganglienzellkomplexen und *bestimmten* Muskeln besteht also in keiner Weise und kann auch der Natur der Sache nach nicht bestehen. Auf einem Klavier, bei dem man nicht weiß, welcher Ton jeder Taste entspricht, kann man aber fürs erste nicht spielen. So bliebe nur die Möglichkeit bestehen, daß das ZNS. nach Fertigstellung der peripheren Verbindungen auf dem Wege zentripetaler Erregungen über die Art der erreichten Verknüpfungen unterrichtet würde, gewissermaßen seine peripheren Angehörigen durch Probieren kennen lernte und nach dieser Kenntnisnahme, durch *„Erlernen"* also, sich die Koordination einrichtete.

Auch diese Möglichkeit aber wird durch Beobachtung und Experiment ausgeschlossen. Wissen wir doch, daß allerhand Tiere das Ei und den Mutterleib verlassen und auch schon das *geordnetste* und *vollkommenste* Bewegungsspiel entfalten können; es vorher durch Erprobung zu lernen, war ihnen aber sicherlich völlig unmöglich gewesen. Und gewisse Experimente (GRAHAM BROWN, CARMICHAEL, MATTHEWS und DETWILER u. a.) sprechen noch drastischer.

So hätte also aus rein entwicklungsgeschichtlichen Überlegungen heraus sich ernstlicher Widerstand gegenüber der herrschenden physiologischen Meinung erheben können; aber man hatte nichts Besseres an ihre Stelle zu setzen.

Es mußte erst ein Fall auftauchen, der nicht nur das alte Gebäude zu erschüttern, sondern zugleich selbst den Grundriß für einen richtigen und sachgemäßen Umbau zu liefern imstande war. Und ein solcher Fall ist mir in einer Versuchsreihe, die ursprünglich zu ganz anderen Zwecken angestellt war, in die Hände gespielt worden, ungesucht, wenn auch nicht unvermutet, mit so klarer und durchsichtiger Sachlage, daß sich die Grundzüge der Lösung mit einem Schlage ergaben und daß die ganze Art der Beziehungen zwischen Nerven- und Muskelsystem, damit zugleich aber natürlich die Nerventätigkeit überhaupt, in einem wesentlich neuartigen Licht erschien. Das betreffende Experiment war allerdings nicht mit den komplizierten künstlichen Hilfsmitteln der modernen Nervenphysiologie ausgeführt, sondern mit einer natürlichen, man möchte sagen „biologischen", Methode, bei der der Organismus selbst noch ein Wort mitzureden hatte.

IV.

Das Experiment nun bestand in folgendem:

An einer größeren Anzahl von Salamanderlarven wurden ganze entwickelte Beine amputiert und dann verpflanzt derart, daß immer ein transplantiertes Bein neben ein normales zu stehen kam, gewöhnlich Vorder- neben Hinterbein. Diese *freie Transplantation entwickelter Extremitäten*, welche von mir als erstem ausgeführt worden ist, ist durchaus kein Kunststück. Die transplantierten Gliedmaßen heilen mit dem Wundende im Körper ein und bleiben zeitlebens an der neuen Stelle, die man ihnen angewiesen hat, erhalten; ich hatte 70 solcher Tiere. Die Transplantate waren in allen möglichen Orientierungen eingesetzt, so zwar, daß sie nur in seltenen Fällen der normalen nebenstehenden Extremität gleichgerichtet waren. Zur einfacheren Verständigung bezeichnen wir im folgenden das transplantierte Bein als „*T*", das normale Bein, das neben ihm steht, aber mit „*O*" (Ortsbein).

Bei der Amputation der zu verpflanzenden Extremität mußten natürlich alle Verbindungen zum Körper, also auch die Nerven, durchtrennt werden. Immer aber, wenn ein Stück einer Nervenfaser seines Zusammenhanges mit der zentralen Abgangszelle verlustig geht, verfällt es der Degeneration, und so sind also auch im Transplantat alle Nervenbahnen *degeneriert;* daher gibt es zwischen ihm und dem ZNS. am neuen Standort zunächst keine Verbindung: *T* bleibt regungslos.

Allmählich kommt es aber zu einer Wiederanknüpfung des *T* an das ZNS. Wieder spielt wie bei der ersten Entwicklung die Hauptrolle dabei das Nervensystem selbst; es *regeneriert*. Wie das im besonderen erfolgt, ist von grundsätzlicher Bedeutung für das Verständnis unserer späteren Ausführungen.

Normale und *unverwundete* Nervenfasern nehmen am Regenerationsprozeß *nicht* teil. Nervenfasern aber, welche *durchtrennt* worden sind, beginnen, während das distale Fragment, wie gesagt, degeneriert, vom proximalen Stumpf aus neu auszusprießen und gegen die Peripherie hin vorzutreiben. Dabei aber zeigt sich ein wichtiger gradueller Unterschied gegenüber der Ontogenese. Beim *ontogenetischen* Auswachsen bleiben die Nervenfasern, wie man annimmt, zumeist im ganzen Verlauf einfach, *ungespalten*, und splittern *erst im Muskel selbst* auf; bei der *Regeneration*

dagegen tritt während des Auswachsens die *lebhafteste Vermehrung und Verästelung* in Erscheinung: Gabelung folgt auf Gabelung, und lange noch bevor die Peripherie erreicht ist, kann sich der *eine* ursprüngliche Faserstumpf schon in 60 und noch mehr Äste aufgezweigt haben. Die vielen Äste aber bleiben keineswegs hübsch beieinander, sondern gehen jeder seinen eigenen Weg, im einzelnen auch wieder ganz der zufälligen Topographie der durchwanderten Wegstrecke nachgebend, kreuz und quer das Bindegewebe durchziehend; mancher bleibt unterwegs stecken, mancher verbindet sich mit nächstliegenden Organen; trifft ein Ast aber einmal auf eine degenerierte alte Nervenbahn, so dringt er in diese ein und, wie auf Schienen gebannt, zu dem am Ende draußen liegenden Muskel vor; hier wird dann die Verknüpfung hergestellt.

Mit der Ontogenese hat also die Regeneration gemein, daß es dem *Zufall* überlassen bleibt, an *welchem* Muskel eine Nervenfaser zu endigen kommt; abweicht von der Ontogenese das Ergebnis der Regeneration darin, daß infolge der *regen Vermehrung*, dabei aber rein *zufälligen Verstreuung* der Äste *eine und dieselbe zentrale Abgangszelle mit ganz verschiedenartigen Muskeln verbunden sein kann.*

In der Tat ist das das Bild, das auch die transplantierten Extremitäten zeigen. Um ihnen entsprechende Neuversorgung mit Nerven zu gewährleisten, waren bei der Einpfropfung einige Nerven an der Pfropfstelle durchtrennt worden; denn nur verletzte Nerven können ja, wie wir gehört haben, Regeneration leisten. Immerhin hat es den eben beschriebenen Erfahrungen gemäß genügt, einen so unansehnlichen Teil der normalen Nerven auszuschalten, daß die Ortsextremität durch den Ausfall überhaupt nicht merklich beeinträchtigt war und normal weiterfunktionierte; man durfte ja hoffen, daß die Überproduktion des kleinen durchrissenen Bündels üppig genug ausfallen würde, um das ganze, neu hinzugekommene Bein zu innervieren. Und diese Hoffnung erwies sich als durchaus begründet.

Wie später nämlich aus der mikroskopischen Untersuchung und Rekonstruktion des Nervenverlaufes im *O* und *T* einwandfrei zu entnehmen war, hatte sich folgendes abgespielt: Die durchtrennten Ortsnervenfasern hatten sich in der *Narbe* des Pfropfloches lebhaft *aufgesplittert*, die Äste waren weiter vorgedrungen, schließlich teilweise auf die degenerierten Nervenbahnen des *T* gestoßen, waren in diese, *wie der Zufall sie gerade gelagert und verteilt hatte, eingedrungen und zu den Muskeln gelangt;* es war das seltsamste und wahlloseste Gewirre, das man sich denken kann. Aber auch die paar Bahnen der Ortsextremität, die seinerzeit hatten unterbrochen werden müssen, waren frisch mit Nerven gefüllt. Und so war am Ende an die relativ geringe Zahl von Ganglienzellen, welche ursprünglich nur zu einem kleinen beschränkten Muskelanteil der Ortsextremität hingeleitet hatten, nunmehr nicht nur wieder dieser gleiche Muskelanteil, sondern überdies noch die ganze Muskelmasse des überzähligen Beines *T* angeschaltet. Nicht nur aber, daß jetzt die betroffenen Ganglienzellen ein um ein Vielfaches *größeres* Endgebiet zu versorgen haben, nicht nur auch, daß ihnen jetzt *ganz andere* Muskeln als früher zugehören; was das Wesentlichste ist, ist vielmehr folgendes: In Rücksicht gezogen, daß die betroffenen Nervenfasern eine enorme Vermehrung durchgemacht und sich dabei über weite pfadlose Strecken hin *wahllos* verstreut und verflochten und immer wieder verzweigt und nach allen Seiten hin voneinander geschieden haben, diese zweifelsfrei gesicherte Tatsache also in Rechnung gestellt, ist klar, daß es nur selten und ausnahmsweise vorkommen kann, daß alle die vielen Äste einer und derselben Ganglienzelle am *gleichen* Muskel endigen. Man begreift, welcher Zufall da einmal im Spiel sein müßte, damit von auch nur 10 Faserästen, welche unabhängig voneinander und wirr vordringen, alle oder auch nur die Mehrzahl sich wieder am gleichen Punkt treffen sollten, wo doch so viele Bahnen offen stehen und nichts den Führer spielt.

Wir merken also: Was früher die Regel war, daß nämlich eine Ganglienzelle nur zu *einem einzigen* Muskel hin Verbindung hatte, das wird jetzt zur unwahrscheinlichen Ausnahme, und zur Regel wird statt dessen eine *maßlose Verwirrung der Leitungswege.* Damit aber ist anatomisch ein Zustand geschaffen, der von dem vorherigen und überhaupt von jedem normalen Zustand gerade in dem Punkte, den man für den wesentlichen hielt, völlig abweicht. War ja doch die *strukturelle Teil-für-Teil-Zuordnung zwischen Muskel- und Nervensystem*, auf die man gebaut hatte, über den Haufen geworfen.

Man denke sich etwa am Beispiel des Klaviers, von welcher Wirkung es sein müßte, wenn plötzlich für *mehrere* Saiten nurmehr *eine einzige*, allen gemeinsame Taste zur Verfügung stünde: da müßten beim Anschlag der einen Taste eben alle die betreffenden Saiten *zugleich* erklingen. Im Schema drückt sich das folgendermaßen aus (Fig. 2):

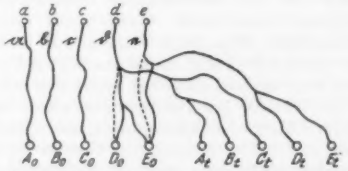

Fig. 2. Verbindung zwischen Zentralnervensystem und Muskelsystem nach Anpfropfung eines überzähligen Beines. Muskeln des Ortsbeines mit dem Index „o", Muskeln des Transplantates mit „t" bezeichnet. Der ehemalige Verlauf der Fasern b und e ist punktiert; nach ihrer Durchtrennung sind sie unter reger Aufzweigung wahllos ausgewachsen und haben das Transplantat neurotisiert. (Schematisch.)

Es seien bei der Operation Nerven, die vordem zu den Muskeln D und E geführt hatten, unterbrochen worden; diese Nerven sind es also auch, von welchen die Versorgung des Transplantats ihren Ausgang genommen hat. Die Spaltung und periphere Verteilung der Faseräste, die wir natürlich im Schema ebenso willkürlich annehmen können, wie sie es in Wirklichkeit ist, sei die in der Figur dargestellte.

Nach der herrschenden Meinung müßte nun eine von der Zellgruppe d auf ihre Fasern abgegebene Erregung die Endorgane dieser Fasern und damit die angeschlossenen Muskeln in Funktion setzen. Zu den Endorganen von d zählt aber jetzt nicht mehr wie ehedem nur der Muskel D_0 in O, sondern es zählen dazu auch die Muskeln A_t, B_t und C_t in T, und E_0 in O. Immer also, wenn vom ZNS. die Bewegung ACD intendiert wäre, und wenn, um sie ins Werk zu setzen, die Zellgruppen a, c und d Erregung absenden würden, müßten die auch an d hängenden Muskeln A_t B_t und C_t und E_0 mit ansprechen; und bei einer anderen Bewegung, etwa ADE wieder A_t B_t C_t zugleich; im allgemeinen überhaupt immer, wenn D_0, gleichviel in welcher Kombination, beteiligt ist, immer wieder und stereotyp A_t, B_t, C_t des T zugleich. In Wirklichkeit wäre die Konfusion noch bedeutend ärger, als hier im Schema zum Ausdruck kommen kann; denn von den vielen Ganglienzellen d können die Äste natürlich noch an unvergleichlich mehr Muskeln gelangen, als von der einen einzigen, die hier als Repräsentant gezeichnet ist.

Mit anderen Worten: Wenn wir die herrschende geometrische Auffassung zugrunde legen, dann müßte jede *koordinierte* Bewegung in O entweder von einem *koordinationslosen Krampf* in T begleitet sein oder aber müßte, wenn das Zentrum, an das das T angeschlossen ist, bei der betreffenden Bewegung nicht beschäftigt ist, dann T einfach *still* bleiben Ein solches Ergebnis mußte man nach allem also bei unseren Versuchstieren erwarten.

Eingetreten ist aber ganz etwas anderes: *Alle die transplantierten Extremitäten funktionierten ausnahmslos und immer in sich völlig koordiniert,* und nicht allein das, sondern *völlig identisch wie die nebenstehende Ortsextremität* O. Im Schema ausgedrückt: Wenn O die Bewegung ACD ausführt, dann auch T die *gleiche* Bewegung ACD; macht O ABE, dann auch T ABE usw.

Das Bild war ein durchaus klares und schlagendes. Die Analyse der Bewegungen wurde in allen denkbaren Formen vorgenommen, am freischwimmenden und am eingespannten Tier, in kinematographischer Aufnahme, bei der willkürlichen Bewegungstätigkeit und bei experimentell ausgelösten Reflexen. Und nirgends gab es eine Ausnahme: bis in die erkennbaren Details war *jede Bewegung des T das getreue Abbild der gleichzeitigen Bewegung des O;* es war nicht anders, als würde man das eine normale Glied doppelt sehen. Fig. 3 gibt 6 Bewegungsphasen aus der Filmserie wieder.

Dabei war es ganz gleichgültig, in welcher *anatomischen Stellung* bezüglich des Körpers das T eingeheilt war, ob es nun nach der Bauchseite oder nach dem Rücken zu lag oder dem O gleichgerichtet oder sonstwie dastand. Das T, das zumeist frei in die Luft ragte, machte sinnlos und erfolglos alle die Bewegungen mit, welche das O gleichzeitig im Rahmen der ganzen Körperaktion mit Sinn auszuführen hatte.

Das Experiment ist mit dem gleichen Erfolg von G. HERTWIG wiederholt worden, und DETWILER hat nach Transplantationen auf jüngerem Stadium dasselbe Resultat erzielt.

Fig. 3. Sechs Bewegungsphasen aus einer Filmserie von einem jungen Salamander, dem neben das linke Hinterbein (O) ein überzähliges linkes Vorderbein (T) transplantiert ist. Das Tier befindet sich in einer Cuvette mit Wasser. Man erkennt deutlich, daß die Bewegungen von O und T in jeder Phase völlig identisch sind.

VI.

Es steht also fest, daß trotz aller wahllosen Verwirrung der Nervenbahnen das Muskelsystem denzentralen Weisungen völlig koordiniert Folge leistet. Und das ist nun freilich ein sehr überraschendes Ergebnis. Die richtige Bedeutung kommt ihm aber erst dadurch zu, daß sich in der herrschenden Nervenphysiologie keinerlei Handhabe zu seiner Erklärung vorfindet.

Wir müssen uns stets den Kern der Sachlage vor Augen halten, und der ist: An die *gleiche* Ganglienzelle sind *verschiedene* Muskeln angeschaltet; im Falle des Schemas z. B. an die Zelle d Muskel D_0, E_0 A_t, B_t und C_t. Trotzdem treten aber nicht etwa alle die Muskeln gemeinsam in Tätigkeit, sondern jeder kann — entsprechend der zentralen Bestimmung — *für sich allein, ohne die anderen,* zur Kontraktion gebracht werden; in der Bewegung ACD bleibt beispielsweise E_0 und B_t von den fünfen in Ruhe, während D_0, A und C_t funktionieren und in einer anderen Bewegung, etwa CDE, würden wieder A_t und B_t untätig verharren, während D_0, E_0 und C_t in Tätigkeit wären. Und das alles, obwohl für sie alle fünf insgesamt der Weg, den die Erregung nach ihrem Abgang von der Ganglienzelle laufen muß, zunächst ein *gemeinsamer* ist; denn die Verzweigungen sind ja erst weit peripheriewärts von der Ganglienzelle[1].

[1] Keineswegs aber erst ganz an der Peripherie im

Die Ganglienzelle selbst hat aber natürlich keinerlei Mittel, um einer Erregung, wenn sie einmal abgelassen ist, förderhin bei der Auswahl des „richtigen" Weges aus einer solchen Menge von gleichberechtigt möglichen behilflich zu sein; sie kann der Erregung nicht vorschreiben, daß sie bei dieser Verzweigung nach rechts, bei der nächsten nach links und bei der dritten wieder nach links usw. laufen möge. Sie kann dergleichen natürlich auch nicht ad hoc erlernen. Das ist der einzige zwingendeGegengrund gegen jeden Lösungsversuch, der sich auf irgendwelches *„Umlernen"* berufen möchte; es ist also ziemlich überflüssig, noch ein übriges tun zu wollen durch Erwägungen wie: wenn das ZNS. die Funktion für die Transplantate erst erlernte, warum es dann nicht gleich eine vernünftige und für den Körper brauchbare Funktion sich beibrächte; ganz abgesehen von der Tatsache, daß die Versuchstiere, sobald nur die Nerven in das Transplantat eingewachsen waren, *sofort* das beschriebene Verhalten zeigten.

Und nun kommt noch eines hinzu: Nicht nur, daß Anteile *verschiedener* Muskeln, welche an die *gleiche* Ganglienzelle bzw. deren Ausläufer angeknüpft sind, durchaus *nicht* stets *gemeinsam* in Aktion treten; es erweisen sich wiederum Muskeln, welche ausnahmslos *zugleich* tätig sind, als von völlig *auseinanderliegenden* zentralen Partien her innerviert. Das kann leicht gezeigt werden: Die Mehrzahl der Nerven in O ist durch die Operation gar nicht getroffen worden, hat an der Regeneration keinen Anteil genommen und dementsprechend auch keine Verzweigungen an das Transplantat abgegeben; trotzdem aber ist die Kontraktion *irgendeines* Muskels in O immer und gerade nur von der Kontraktion des *gleichnamigen* Muskels in T begleitet. Im Schema z. B. wird A_0 von a, A_1 aber von d her innerviert, *stets* jedoch funktionieren A_0 und A_1 *zu gleicher Zeit*.

Aus allen diesen Einsichten krystallisiert sich nun die Erkenntnis: *Die koordinierte Funktion der Peripherie bleibt vollkommen der zentralen Koordinationsbestimmung entsprechend, auch wenn die Verbindungswege nicht mehr geordnet, sondern in ganz wahlloser Weise verlaufen.* Wenn es aber ohne geordnete Verknüpfung genau so gut geht, dann kann natürlich auch im Normalen der offensichtlichen Ordnung der Verknüpfungen nicht die Rolle zufallen, die man ihr hinsichtlich der *Koordinationsübermittelung* gemeiniglich zuspricht.

Diese Erkenntnis bedeutet aber für die bisher betriebene extreme Erregungsgeometrie das Ende; das ZNS. muß sich offenbar doch eines anderen Mittels als einer bestimmten Auswahl von Erregungswegen bedienen, um koordinierte Erfolge zu erzielen. Damit sind wir aber auf Grund der Experimente zugleich zu einem Punkte gelangt, nach welchem bereits die oben durchgeführten entwicklungsgeschichtlichen Überlegungen, freilich nicht mit gleicher Bestimmtheit, hingewiesen hatten. Das Bild vom Klavier muß falsch sein: denn was man für den Tasten-Hammer-Mechanismus gehalten hatte, ist verdorben und verwirrt worden, und trotzdem tönen die Saiten in harmonischen Klängen.

VII.

Unser Experimentalfall leistet aber mehr, als bloß der alten Auffassung Widerspruch zu bieten; er birgt nämlich auch den Schlüssel zu einer neuen und sachgemäßen Konzeption. Wie diese in logischer Auswertung des gegebenen Tatsachenmaterials schrittweise gewonnen wurde, kann hier nicht nachgewiesen werden; ich verweise diesbezüglich auf die Originalarbeiten, besonders auf die im Druck befindliche ausführliche Zusammenfassung. Hier sei gleich das Ergebnis hergesetzt, eine neue und einigermaßen überraschende Theorie der nervösen Funktion:

Das Mittel, vermöge dessen das ZNS. sich mit den einzelnen Muskeln gesondert verständigen kann, sind nicht *gesonderte* Verständigungs*wege*, sondern *spezifische* Verständigungs*formen*. Weniger anthropomorph ausgedrückt: *Jeder Muskel besitzt eine spezifische und individuelle Erregungskonstitution*, d. h. *er ist so geartet, daß er* — natürliche Erregung vorausgesetzt — *nicht auf jegliche Erregung, sondern nur auf Erregung einer ganz bestimmten und für ihn allein charakteristischen Form reagiert; will das ZNS. ihn in Funktion setzen, so muß es ihm die Erregung in dieser einzig und allein ihm adäquaten Form zusenden; Erregungen anderer Form bleiben an ihm wirkungslos.* Das ist die ganze Lösung.

Es ist eine erhebliche Abweichung gegenüber der klassischen Auffassung, wenn man im Motorischen an Stelle der „Erregungen schlechthin", gewissermaßen der Erregungen ohne alle Epitheta, nunmehr verschiedene *„spezifische* Erregungen" setzt. Es ist das aber die einzige Annahme, welche den Sachverhalt klärt. Übrigens wird man sofort erkennen, daß eine solche Zumutung dem Nervensystem nicht so wesensfremd ist, wie man aufs erste denken möchte: man braucht sich nämlich nur daran zu erinnern, daß ja auf dem Gebiet der *Sinneserregungen* die *Spezifität* der Erregung eine seit JOHANNES MÜLLER bekannte und geläufige Tatsache ist. So wie also den verschiedenen Sinneserregungen längst „spezifische Sinnesenergien" zugeschrieben werden, so haben wir eben jetzt auch den verschiedenen Muskeln verschiedene „spezifische Funktionsenergien" zuzuerkennen.[1]

Daß wir nunmehr die Lösung unseres Problems in der Hand haben, sieht man leicht ein. Denn wenn jeder Muskel ohnedies nur auf die für ihn spezifisch adäquate Erregung anspricht, dann bleibt es natürlich gleichgültig, auf welchem

[1] Der Ausdruck „Energie" ist hier natürlich ziemlich unpassend und soll auch nur an dieser einen Stelle hier wegen der Analogie zu dem auf sensorischem Gebiet eingebürgerten Ausdruck gebraucht werden.

Muskel, wie A. FORBES anläßlich einer Besprechung meiner Befunde annehmen wollte.

Wege die betreffende Erregung zu ihm kommt, gleichgültig auch bleibt es, ob für *mehrere* oder gar für *beliebig viele* Muskeln nur ein *einziger, allen gemeinsamer* Zuflußweg zur Verfügung steht, wie es in unseren Experimenten der Fall war.

Der Muskel ist also, wie wir von jetzt ab annehmen müssen, auf eine gewisse Erregungsform „*abgestimmt*". Wir können ihn, die analoge Sachlage bei der *Akustik* vor Augen, als einen „*Erregungsresonator*" bezeichnen. Dabei ist selbstverständlich die Akustik auch nur als ein illustrativer Spezialfall für das gesamte Gebiet der periodischen, wellenförmigen Vorgänge gewählt, und es finden sich die gleichen Erscheinungen ebenso in Optik oder Elektrik wieder. Das muß betont werden, damit nicht vielleicht einer glaube, die neue Theorie wollte den Nervenprozeß als irgendeinen mechanischen Schwingungsvorgang darstellen. Die Bezugnahme auf die Akustik bedeutet nichts weiter als das Heranziehen eines wohlbekannten Bildes zur Erleichterung der weiteren Besprechung.

Ein akustischer Resonator ist auf einen bestimmten *Eigenton* gestimmt und kann durch diesen Ton immer erregt werden, während andere Töne wirkungslos bleiben[1]. Man kann also aus einer beliebigen Anzahl von Resonatoren heraus einen bestimmten isoliert zur Tätigkeit bringen und braucht dazu gar keine gesonderte Verbindung zu ihm hin; man sendet einfach den betreffenden Abstimmungston hinaus, und obwohl dieser Ton *alle* Resonatoren erreicht, wird doch nur der *eine*, für den die Erregung „bestimmt" ist, tönen. Und so kann denn jede beliebige Kombination von Resonatoren in Funktion gesetzt werden, dadurch daß der aus den entsprechend ausgewählten Tönen zusammengesetzte Klang abgegeben wird. Es ist aber sicher überflüssig, diese wohlbekannten Verhältnisse hier noch näher auszuführen, heute, im Zeitalter des Radio, wohl überflüssiger denn je.

Ein solches *Resonatorensystem* ist also das richtige und sachgemäße Abbild des Muskelapparates, und *nicht* das *Klavier*.

Um eine bestimmte Kombination von Muskeln in Funktion zu bringen, sendet das ZNS. die ihnen zugestimmten Erregungen zur Peripherie; die Koordinationsbildung im ZNS. besteht also in einer Auswahl von Erregungs*formen* und nicht von Erregungs*wegen*. Der Gesamtimpuls, der einem bestimmten peripheren Bereich vom ZNS. zufließt, kann bildlich geradezu als „*Erregungsklang*" bezeichnet werden. Der „Erregungsklang" besteht aus den „Erregungstönen" für die im gegebenen Augenblick in Aktion zu setzenden Muskeln, und er schwankt demnach fortwährend in seiner Zusammensetzung.

Der Vorgang ist nun folgender: Über *alle* motorischen Wurzelfasern (zumindest innerhalb eines größeren Bereiches, s. u.) fließt im gleichen Augenblick der *gleiche* „Erregungsklang" zur Peripherie, über *alle* Fasern *in gleicher Weise*, so als wäre er in ein Kanalsystem wahllos ausgegossen und schwömme nun alle die Leitungen durch. So kommt er denn auch zu *allen* Muskeln, welche nur überhaupt mit dem Zentrum verbunden sind, hin. Hier angelangt, wird er aber *analysiert*: Jeder Muskel entnimmt, gemäß seiner Beschaffenheit, aus der anlangenden Resultierenden die ihm angemessene Komponente und agiert, als wäre diese Komponente allein angekommen. Und obwohl dann zu allen Muskeln und auf allen vorhandenen Wegen überallhin der gleiche Impuls strömt, tritt, das ist jetzt verständlich, nur gerade jene Kombination von Muskeln in Aktion, welche das ZNS. dafür vorgesehen hatte.

Jetzt in der Sprache unseres Schemas ausgedrückt: Die spezifische Erregungsform für einen Muskel A heiße α, für B β, für C γ, für D δ, für E ε usw. Um die Bewegung $A\,C\,D$ herbeizuführen, wird im betreffenden Rückenmarksabschnitt eine Erregung hergestellt, welche Komponentalerregungen von der Spezifität α, γ und δ und sonst nichts enthält. Der so resultierende Gesamtimpuls $\alpha\,\gamma\,\delta$ geht über alle motorischen Nervenfasern, über $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$, $\mathfrak{c}$, $\mathfrak{d}$, $\mathfrak{e}$, über alle in gleicher Weise zur Peripherie und kommt zu den Muskeln. Nur in A, C und D findet aber die einlangende Erregung Resonanz, nur diese treten in Aktion. Aber auch zum T fließt natürlich auf allen Bahnen der Impuls $\alpha\,\gamma\,\delta$ und kommt zu allen Muskeln hin; doch auch hier findet er nur in A, C und D Resonanz. Woraus folgt, daß beide Extremitäten des Paares O und T, und zwar ganz unabhängig von ihrer anatomischen Stellung, stets in sich die gleichen Bewegungen ausführen müssen; quod erat demonstrandum.

Jetzt aber verstehen wir auch, warum in der Embryonalentwicklung ebenfalls die periphere Funktion *von Anfang an* der zentralen Koordination entspricht, ohne erst erlernt werden zu müssen.

VIII.

Das ist nun so ganz im groben das neue Bild von der Nervenfunktion. Wir wollen es nur noch ein wenig mehr ins einzelne ausführen:

So wie wir am Ton zwei Merkmale unterscheiden, ein qualitatives, die Tonhöhe, und ein intensives, die Tonstärke, so wie weiters jeder oszillierende Vorgang durch ein spezifisches Merkmal, die Frequenz, und durch ein intensives, die Amplitude, gekennzeichnet wird, so haben wir nunmehr auch jeder Nervenerregung einen „Spezifitätsfaktor", welcher ihr qualitatives Verhalten gegenübet der Peripherie bedingt, und einen „Intensitätsfaktor", welcher die Stärke der Wirksamkeit regelt, zuzuschreiben.

Die Tatsache, daß der Nervenprozeß auch ein oszillierender Prozeß ist, könnte nun die Ver-

[1] Daß auch einige mit dem Grundton verwandte Töne, die Obertöne, erregen können, allerdings mit geringerer Intensität, bleibe der einfacheren Darstellung halber hier unberücksichtigt.

mutung nahelegen, daß auch bei ihm die Spezifität in der *Frequenz* des Prozesses begründet wäre, daß jeder Muskel also eine „Eigenfrequenz" der Erregbarkeit besäße, ebenso wie jeder akustische oder elektrische Resonator. Auch auf sensorischem Gebiet hat man ja schon versucht, die Spezifität als Funktion der zeitlichen Frequenz zu deuten (für den Lichtsinn FR. W. FRÖHLICH). Was nun aber das Motorische anlangt, so findet sich bei genauer Berücksichtigung der bisher bekannt gewordenen Tatsachen keine genügende Stütze zugunsten solcher Annahme, allerdings auch kein endgültiger Gegenbeweis. Die *Rhythmenbildungen*, welche der Nervenvorgang zu erkennen gibt, sind viel zu grob und zu schwankend, als daß sie die Grundlage für eine so feine und präzise Abstimmung, wie wir sie fordern müssen, abgeben könnten. Wahrscheinlich kommt die erkennbare Periodizität dadurch zustande, daß die „Erregungsklänge" selbst nicht kontinuierlich, sondern in rhythmischen Stößen abgegeben werden. Wenn die Spezifität der Erregungen auf einer *spezifischen Zeitform* ihres Ablaufes beruhen soll, dann müssen *viel höhere* Frequenzen als die bisher bekannt gewordenen (diese sind nur bis zu wenig Hundert pro Sekunde) im Spiele sein.

Die Frage nach der besonderen Art der Spezifität im Erregungsgeschehen berührt sich natürlich eng mit der Frage nach der Qualität des Nervenprozesses überhaupt. Sie ist nicht unmittelbar an sie gebunden, das ist wahr, denn zeitliche Spezifität z. B. verträgt ganz ohne Rücksicht auf die Qualität des Vorganges, dem sie anhaftet, behandelt zu werden; hatte die Schwingungslehre doch auf die optischen Vorgänge angewendet werden können, lange ehe man und ganz ohne daß man von der elektromagnetischen Natur des Lichtes etwas zu wissen brauchte. So könnte, wenn die prinzipiell wellenförmige Verbreitung des Nervenprozesses sichergestellt ist, natürlich die Frequenzfrage untersucht werden, auch ohne daß entschieden zu sein brauchte, ob dem nun Diffusions- oder Polarisations- oder sonstwelche Wellen zugrunde lägen. Enger wäre dagegen die Verknüpfung mit der Frage nach der Qualität, wenn die Spezifität *stofflicher* Natur sein sollte, wenn etwa jeder Muskel auf einen spezifischen Erregungsstoff zu reagieren eingestellt wäre, wofür derzeit aber auch gar nichts spricht.

Allerdings kennen wir ein großes System im Organismus, das durchweg mit Mechanismen solcher *stofflicher* Spezifität arbeitet: es ist das das Säftesystem, im besonderen das *hormonale*. Auch hier dient die Spezifität wieder dazu, daß *lokalisierte* Wirkungen erzielt werden können, ohne daß gesonderte Bahnen zu den betreffenden Stellen hinleiteten. So ist z. B. die *diffuse* Ausschüttung der Geschlechtshormone im Körper von *lokalisierter* Wirksamkeit auf gewisse umschriebene Körperpartien, etwa auf die Brustdrüsen beim Säugerweibchen, auf den Kamm beim Hahn. Das ist nur durch die Tatsache verständlich, daß die betreffenden peripheren Regionen gegenüber dem kreisenden Hormon von früher her *spezifisch sensibilisiert* sind. Ganz analog verhält sich aber auch der Muskel gegenüber den zufließenden Erregungen, so daß ein Mechanismus stofflicher Spezifität nicht von vornherein als ungeeignet angesprochen werden kann. Nur daß ein sicherer Boden für eine Homologisierung oder gar Identifizierung von hormonalem und nervösem Geschehen heute trotz mancher Versuche in dieser Richtung (LICHTWITZ, LUGARO u. a.) keineswegs gefunden ist. Es bleibt also der künftigen Forschung das Feld offen, uns mit der *Art* der Erregungsspezifität bekannt zu machen.

Eine weitere Frage, die sich aufdrängt, ist nun die, wie die *Ausbildung der spezifischen Erregungskonstitution* des Muskels eigentlich zustande kommt. Nun, die Ausbildung der entsprechenden Erregbarkeit gehört offenbar ebenso zur ontogenetischen Entwicklung des Muskels dazu wie irgendeine sonstige morphologische oder funktionelle Besonderheit; ebenso wie für das Auge ja nicht allein sein Aufbau aus diesen und jenen Schichten, sondern vor allem die Lichtempfindlichkeit gewisser dieser Schichten charakteristisch ist; oder um ein noch näherliegendes Beispiel zu nennen, wie für die sympathische Nervenfaser ihre Empfindlichkeit gegenüber Adrenalin bezeichnend ist. Die spezifische Erregungskonstitution des Muskels ist also keine physiologische, sondern eine *entwicklungsgeschichtliche* Frage.

Ein anderes ist es um die Frage, *welcher Anteil* des Muskels denn der eigentlich „abgestimmte" ist, ob der rein muskuläre oder der nervöse oder ein zwischengeschalteter. Und da scheint es vorderhand am richtigsten, wenn man die *Nervenendapparate*, die motorischen Endplatten, oder aber die zwischen Nervenendigung und Muskelfaser zwischengeschaltete *Intermediärsubstanz* (vielleicht das periterminale Netzwerk BOEKES) dafür in Anspruch nimmt. Allerdings *erwerben* diese Endorgane ihre Spezifität ganz offenbar erst unter dem Einfluß des bestimmten Muskels, an welchem sie endigen; daß der Muskel aber auf die Bildung seiner nervösen Endorgane *determinierenden* Einfluß übt, das wissen wir wirklich aus Untersuchungen von BOEKE.

Im übrigen ist die spezifische Erregungskonstitution des einzelnen Muskels bloß *eine* Seite einer auch in anderen Merkmalen recht tiefgreifend ausgeprägten Individualität, vermöge welcher jeder Muskel, einheitlich in sich, von den anderen Muskeln unterschiedlich geartet ist; solches kommt nicht allein bei der *Funktion* zum Vorschein (BASS und TRENDELENBURG, WACHHOLDER), sondern findet schon im *anatomischen Aufbau* seinen Ausdruck (SCHIEFFERDECKER); ein selbständig funktionsfähiger Muskelanteil zählt dabei als individueller Muskel. Soviel sei über die „abgestimmte" Peripherie gesagt.

Ziemlich weitgehend werden durch die neue Theorie unsere Vorstellungen von der Funktion

des *ZNS.* betroffen. Man hat bisher immer die *einzelnen* Ganglienzellen eine Rolle spielen lassen insofern, als man in einem geordneten Netzwerk von Zellen, Ausläufern und Kollateralen und in einer geregelten, durch Zellgrenzen (Synapsen) als einer Art von Schleusen entsprechend gedrosselten Erregungsverteilung über dieses Netzwerk die Grundlagen für das Zustandekommen der Koordination als einer Auswahl entsprechender Nervenbahnen gegeben hielt. Man hat sich bis zu recht luftigen Spekulationen und Konstruktionen verstiegen und für jede beobachtete Erscheinung ein hypothetisches intrazentrales Schienennetz zurechtgezimmert. Wieder war es ebenso wie bei der Fundierung der Erregungsgeometrie im *peripheren* Nervensystem die *anatomische Struktur*, nunmehr des *zentralen* Systems, auf welche man seine Ableitungen baute. Welche Bewandtnis hat es nun aber mit der anatomischen Struktur im *peripheren* System genommen? Es ist nicht zu leugnen, daß da ja normalerweise eine strukturelle Zuordnung zwischen *einzelner* Ganglienzelle und *einzelnem* Muskelelement besteht; falsch war nur, daß man diese Zuordnung als in ihren Einzelheiten für die *Funktion* maßgebend hielt. Schon allein durch die Tatsache, daß bei der *Embryogenese* im Gegensatz zur Regeneration die Nervenfasern, wie man annimmt, sich *nicht* verästeln, ist diese scheinbare *Ordnung* in der Verknüpfung zwischen Peripherie und Zentrum herbeigeführt; die Funktion aber bleibt, wie wir gesehen haben, davon unberührt, wenn die Verknüpfung auch eine ganz andere und beliebige wird. So aber, wie im peripheren Nervensystem die Leitungen keine andere Rolle spielen, als eben bloß den Erregungszufluß nach allen Ecken und Enden der Peripherie in ausgiebiger Weise zu ermöglichen, die *besondere Art* ihrer Lagerung aber rein entwicklungsgeschichtlich bedingt und für die Funktion völlig irrelevant ist, so wird auch im zentralen Nervensystem jenes Substrat von Axonen, Dendriten und Kollateralen offenbar *im ganzen* einer ausgiebigen Kommunikation der Erregungen dienen, ohne *im einzelnen* für die Funktion — morphologische Besonderheit hier für ebensolche funktionelle Besonderheit dort — maßgebend sein zu müssen. Was hätte denn auch eine bis auf die einzelne Zelle geregelte geometrische Verteilung der Erregung für Sinn, wenn dann doch wieder alle Erregungen *gemeinsam* zur Peripherie laufen, wie es die neue Theorie lehrt? Es ist klar, daß wir da nicht auf halbem Wege stehen bleiben dürfen, daß wir vielmehr die mikroskopische Erregungsgeometrie so wie für das *periphere* Nervensystem so auch für das *zentrale* System wegräumen und ersetzen müssen. Dadurch wird dann für das zentralnervöse Geschehen die Bedeutung der *einzelnen* Zelle in den Hintergrund gestellt, und es wird die Bedeutung von Vorgängen, die sich über *größere Zellverbände als Einheiten* erstrecken, stärker hervortreten.

Einige Anhaltspunkte liefern übrigens schon die Experimente selbst: Die Tatsache, daß transplantierte Extremitäten, wenn sie nur überhaupt von Extremitätensegmenten des Rückenmarks her, im übrigen aber gleichviel von welchem dieser Segmente, innerviert werden, koordiniert funktionieren, zeigt, daß die für die *Extremitätenmuskeln* spezifischen Erregungen über alle motorischen Nerven zumindest in diesem etwa 5 Segmente umfassenden Bezirk des Rückenmarks einheitlich abgegeben werden. Die Masse der Vorderhornzellen in diesem fünfsegmentigen Abschnitt stellt also einen geschlossenen Funktionskomplex vor, die der rechten Seite und die der linken Seite je einen für sich. Daß aber wieder *nur gerade diese* paar Segmente, die der Extremität zugehören, die „Erregungsklänge" für die Extremität liefern, benachbarte Segmente aber nicht mehr, oder doch wenigstens nicht mehr alle Komponenten, das erhellt aus DETWILERS Experimenten, in welchen eine transplantierte Extremität immer dann und *nur* dann funktionierte, wenn sie Innervation von den *originalen Extremitätensegmenten* des Rückenmarks her bezog; dagegen Innervation aus anderen, extremitätenfremden Segmenten, und mochte die Nervenversorgung auch noch so üppig sein, wirkungslos blieb. Die Abgrenzung der einzelnen Funktionsgebiete im Rückenmark festzustellen, wird Aufgabe weiterer Untersuchungen sein müssen; letzten Endes berühren diese Fragen unsere Theorie ja nicht unmittelbar und brauchen daher hier nur angedeutet zu werden.

Es wird auch noch vieler Arbeit bedürfen, ehe die Herkunft der spezifisch geformten Erregungen, ihre Erzeugung und Kombination, nur halbwegs durchschaut sein werden. Fürs erste könnte man sich allerdings vorstellen, daß bestimmte Zellgruppen im Rückenmark als echte *„Muskelzentren"* jede die Produktion einer spezifischen Erregung für einen Muskel des betreffenden Segments zur Aufgabe hätten, und daß dann höhere Zentren die entsprechende Auswahl unter diesen Muskelzentren zur Entladung auf die Vorderhornzellmasse brächte, von wo aus die resultierende Erregung dann nach der Peripherie hin abfließen würde. Das wäre „makroskopische Erregungsgeometrie" und könnte vielleicht experimentell geprüft werden; auch wäre dabei zu untersuchen, ob die afferente proprioceptive Erregung aus dem Muskel nicht schon mit der gleichen Spezifität wie die efferente Erregung für denselben Muskel ausgestattet wäre.

Eine andere Möglichkeit wäre aber auch die, daß das ganze zentrale Geschehen noch viel weniger geometrisch, dafür *völlig dynamisch* zu betrachten wäre, derart, daß die „Erregungsklänge" im ZNS. überhaupt nicht erst synthetisiert würden, sondern sich schon irgendwie *als ganze* ausformten; nur müßten sie dann nach der Seite hin polar gebaut sein, denn der Erregungsklang für links ist ja zumeist ein anderer als für rechts. Daß die neuen erstaunlichen Befunde von BETHE über Plastizität des ZNS. und ebenso auch psych-

iatrische Auffassungen (K. GOLDSTEIN) zu einer solchen rein dynamischen Theorie der zentralen Funktionen hinleiten können, sei in diesem Zusammenhang erwähnt; ebenso, daß die *„Gestalttheorie"* der Psychologen (WERTHEIMER, KÖHLER), welche ebenfalls die Erregungsgeometrie strikte ablehnen muß, auf die gleiche Spur leitet.

Im übrigen wollen wir diese Zukunftsmusik jetzt abblasen und wieder auf den festeren Boden der Tatsachen und zu unserer Theorie selbst zurückkehren. Wir hatten im vorigen einen Grundriß der Theorie entworfen, wie er sich aus den *neuen* Tatsachen zwingend ergeben hat müssen; wie steht es aber mit dem ganzen alten Erfahrungsschatz, den die Physiologie bisher zusammengetragen, wenn auch freilich im Sinne ihrer mikroskopischen Erregungsgeometrie gedeutet hat? Läßt sich das ganze, früher erarbeitete Material ebenso zwanglos dem Rahmen der neuen Theorie einfügen?

Die Auseinandersetzung mit der klassischen Theorie der Nervenfunktion und den von dieser Richtung zutage geförderten Tatsachen habe ich an anderem Orte ausführlich vorgenommen (s. die Anmerkung zu eingangs l) und glaube nach eingehender Durchmusterung der nervenphysiologischen Befunde mit voller Bestimmtheit sagen zu können: Ja, *die neue Theorie läßt sich mit den vielgestaltigen älteren Befunden durchaus und zwanglos vereinbaren* mit einer Einschränkung: nur, soweit es sich um Befunde über die *natürliche, adäquate* Nerventätigkeit handelt; *nicht* mehr, wenn Befunde über *künstliche, inadäquate* Reizung und deren Erregungserfolg herangezogen werden.

Daß diese Einschränkung gelten muß, ist klar: denn wenn der zu einem Muskel führende Nerv *künstlich*, sei es mechanisch, elektrisch, thermisch oder chemisch gereizt wird, dann bringt die entstehende Erregung bei hinlänglicher Stärke des Reizes den Muskel *immer* zur Kontraktion, und das eigenartige selektive Verhalten, das der Muskel gegenüber den *normalen* Impulsen zeigt, kommt gar nicht zur Beobachtung. Da steckt also ein bedeutsamer und wesentlicher Unterschied: Einer *künstlich* erzwungenen Erregung folgt der Muskel *immer*, einer *natürlichen* nur, wenn sie von der ihm *adäquaten Spezifität* ist. Wenn also in unserem Schema (s. o., Fig. 2) die Nervenfaser b *elektrisch* gereizt würde, dann müßten immer *alle* an ihr hängenden Endorgane D_0, E_0, A_1, B_1, C_1 gleichzeitig in Tätigkeit treten, ganz im Widerspruch zu ihrem Verhalten bei der *natürlichen*, vom *ZNS.* eingeleiteten Funktion. Wir können geradezu die natürliche Erregung *„organisiert"*, die künstlich erzwungene *„unorganisiert"* nennen.

Wenn wir uns von dem Gegensatz zwischen natürlicher und künstlich erzwungener Erregung ein Bild machen wollen, so können wir die natürliche „organisierte" Erregung wieder dem *Klang*, die künstlich hervorgerufene „unorganisierte" aber einem *Geräusch* oder gar einem *Windstoß* vergleichen. So wie beim Klang sowohl als beim Geräusch das die Bewegung tragende Substrat dasselbe ist, nämlich allemal die Luft, so ist offenbar auch das Medium, in welchem sich die organisierte ebenso wie die unorganisierte Nervenerregung abspielen, stets dasselbe, nämlich die leitende Substanz der Nervenfaser. So wie aber bloß der *Klang* eine *bestimmte Auswahl* von Resonatoren in Schwingung setzt, während ein *Geräusch* oder ein Windstoß sie *allesamt* ohne Ausnahme zum Tönen bringt, so vermag auch nur die *organisierte*, aus spezifischen Erregungstönen aufgebaute Erregung eine *koordinationsgemäße Auswahl* von Muskeln in Tätigkeit zu bringen, während die künstlich eingeleitete, *unorganisierte* Erregung dagegen *jeden beliebigen* Muskel, zu dem sie gelangt, zur Funktion zwingt. Und aus diesem Grunde müssen Befunde über natürliche adäquate Erregungserfolge und solche über inadäquate künstlich hervorgerufene Erregungserfolge streng auseinandergehalten werden.

Ganz so scharf ist der Gegensatz übrigens nicht einmal, da der Muskel sogar der künstlichen Erregung gegenüber ein gewisses Rudiment seines sonstigen selektiven Verhaltens äußern kann.

Wenn man nun alle die Befunde, bei welchen mit *künstlicher* Reizung gearbeitet wurde, an den Platz stellt, welcher ihnen der Natur der Sache nach zusteht, so kommt es zu keinerlei Konflikt mit der neuen Theorie. Es wird nichts weiter nötig sein, als die Darstellung des ganzen alten Tatsachenmaterials der Nervenphysiologie in die Sprache der geänderten Anschauung zu übersetzen.

Immerhin mutet einem die neue Theorie schon eine beträchtliche gedankliche Umstellung zu, muß ja doch die Grundauffassung von der Funktionsart des Nervensystems völlig geändert werden. Noch dazu ist es nicht ein Zwang von vielen Seiten, welcher die Umstellung fordert, sondern bloß *ein* Befund, *ein einziges* neues Phänomen. Kann aber eine Theorie bestehen bleiben, die auch nur mit *einer einzigen* Erscheinung in striktem Widerspruch steht, oder müssen wir nicht vielmehr den Tatsachen ihr Recht geben und unser Gedankenbild der neuen Erfahrung anpassen? Wie diese Anpassung vorzunehmen ist, dazu habe ich in den vorangegangenen Ausführungen den Weg gewiesen; ein anderer Ausweg ist derzeit nicht zu sehen. Auch ist es nicht zum erstenmal, daß einer einzigen neuen Tatsache zuliebe ein festgewurzeltes Theoriengebäude aus seinen Fundamenten gehoben werden muß.

Übrigens ist nicht allein die *Physiologie* von der neuen Auffassung betroffen, sondern eine ganze Reihe anderer biologischer Disziplinen mit ihr: die *Anatomie* in ihrer Betrachtung des Muskels, die *Entwicklungsgeschichte* in bereits oben erwähnter Hinsicht, die *Psychologie* in ihrer Behandlung der zentralnervösen Funktionen und letzten Endes die *Chirurgie*, wenn sie die funktionelle Wiederherstellung nach Muskel- oder Nervenplastik behandelt. Von allen diesen Beziehungen zu sprechen, ist natürlich hier nicht der Raum. Bloß eins sei

noch gesagt: In ihrem allgemeinsten Grundgedanken, das ist in der *Ersetzung einer geometrischen durch eine dynamische Auffassung*, schlägt unsere Theorie die gleiche Richtung ein, in welche, von wesentlich anderen Spezialfragen her kommend, gar manche Zweige der Biologie, voran Entwicklungsphysiologie und Psychologie, sich neuerdings einstellen.

Besprechungen.

Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. Herausgegeben von BETHE, v. BERGMANN, EMBDEN u. ELLINGER. Bd. XIV, 2. Hälfte. Berlin: Julius Springer 1927. 617 S. und 44 zum Teil farbige Abbildungen. Preis geh. RM 51.—, geb. RM 56.40.

Die Serie der Darstellungen der *2. Hälfte des 14. Bandes*, die den Titel „Metaplasie und Geschwulstbildung" trägt, wird überraschenderweise eröffnet durch einen Aufsatz von KÜSTER, Gießen über **Neubildungen am Pflanzenkörper** (16 Seiten mit 17 Abbildungen), die weder mit Metaplasie noch mit echter Geschwulstbildung etwas zu tun haben. Besprochen werden der Reihe nach: Gewebswucherungen als Wirkung gestörter Korrelationen, Hyperhydrische Gewebe, Wundgewebe, die Gallen, welche den Hauptteil der Abhandlung bilden, endlich „Neubildungen unbekannter Entstehungsursache". Zu diesen letzteren rechnet K. auch den sog. Kropf der Zuckerrübe, der allerdings sehr kurz erledigt wird. Ergänzt werden diese Angaben durch FISCHER-WASELS, welcher in seiner Geschwulstlehre den sog. Pflanzengeschwülsten und deren Stellung unter den Naturerscheinungen auch einige Zeilen widmet.

Den Hauptteil der 2. Hälfte des 14. Bandes bilden die beiden von dem Pathologen W. FISCHER-WASELS, Frankfurt bearbeiteten Abschnitte: „Metaplasie und Gewebsmißbildung" und „Allgemeine Geschwulstlehre", in welchen die ausgezeichnete Kenntnis des Schrifttums und die dem Verfasser eigene Klarheit und Gründlichkeit hervorzuheben sind. Die beiden Abschnitte gehören zum besten, was wir auf diesem Gebiete besitzen. Vielleicht hätten einige Wiederholungen vermieden werden können.

In dem Abschnitt über **Metaplasie und Gewebsmißbildung** sieht sich FISCHER, der sowohl die Metaplasie wie die Gewebsmißbildung zu den Differenzierungsstörungen zählt, gezwungen, als „Neopräformist" die im 1. Teil bereits von G. HERTWIG mehr im epigenetischen Sinne O. HERTWIGS besprochenen Grundlagen der Lehre von der Gewebsentwicklung hier noch einmal auf 76 der 103 Seiten des Abschnittes seinen Standpunkt gründlich zu erörtern. Dabei werden die zum Verständnis des folgenden notwendigen Grundbegriffe (Ursachen-, Metastruktur-, Spezifitäts-, Differenzierungs-, Potenzbegriff) festgelegt. Durch diese Stellungnahme zu allen Grundproblemen wird der Abschnitt ein in sich völlig abgeschlossenes Ganzes. — Nach diesen vorbereitenden Auseinandersetzungen wendet sich FISCHER seinen eigentlichen Themen, zunächst der *Metaplasie* zu (33 Seiten). Bei der Metaplasie oder Potenzentfaltung an abnormer Stelle" (SCHAXEL) spielen physiologischerweise relativ indifferente Zellen eine sehr wichtige Rolle. Diese Zellen werden von FISCHER mit einem aus der Botanik entlehnten Ausdruck sehr zweckmäßig als „Cambiumzellen" bezeichnet. FISCHER unterscheidet progressive und regressive Metaplasien bzw. Metaplasien im engeren Sinne und Dysplasien. Zu letzteren rechnet er die Pseudometaplasie, eine reine Formveränderung, die eine Differenzierungsstörung bloß vortäuscht, ferner den Rückschlag, die Rückdifferenzierung und die sog. Kataplasie der Geschwulstzelle. Diese mit Strukturverlust einhergehenden Veränderungen sind nicht durch Entwicklungsumkehr zu erklären. Eine solche ist nicht beobachtet. Bei den progressiven Metaplasien unterscheidet FISCHER: Die prosoplastische oder Weiterdifferenzierung eines Gewebes über das ortsgehörige Maß hinaus, die direkte Metaplasie (Gewebsumwandlung unter Persistenz der Zellen), welche nur im Bereich der Stützsubstanzen bewiesen ist, und die regenerative oder indirekte Metaplasie, bei welcher die schlummernden Potenzen der Cambiumzellen zum Ausdruck kommen.

Im Abschnitt *„Gewebsmißbildung oder Heteroplasie"* (11 Seiten) werden Zellmißbildungen und abnorme Gewebsbefunde besprochen, welche auf primäre Zelldifferenzierung, d. h. Störungen in der embryonalen Anlage oder der späteren Entwicklung zurückzuführen sind und erklärt werden durch: 1. Abnorme Persistenz von Zellen, Geweben und Organen des Embryos, die bei der normalen Entwicklung zu verschwinden pflegen; 2. Liegenbleiben von Embryonalzellen, die für den Aufbau desOrganismus nicht verwendet wurden; 3. embryonale Keimausschaltung; 4. embryonale Dysplasie bzw. Rückschlag und Atavismus und 5. Störung der normalen postembryonalen Organwirkung.

Der Abschnitt über Gewebsmißbildung und Metaplasie bereitet vor für den letzten und größten, 450 Seiten umfassenden Abschnitt des 14. Bandes, die **Allgemeine Geschwulstlehre** von FISCHER-WASELS. Die Unterordnung der Geschwülste unter den Begriff der „Mißbildungen im weitesten Sinne", die „weder fetaler Genese noch überhaupt angeboren zu sein brauchen" nach FISCHERS Vorgang wird wohl kaum allgemeine Anerkennung finden. Im übrigen werden die Geschwülste definiert als „selbständige, aus einer primären Gewebsmißbildung hervorgehende, in sich abgeschlossene Gewebswucherungen mit dauerndem Wachstum, die sich dem normalen und regenerativen Bauplan und dem Stoffwechselbauplan des Organismus nicht einordnen". Zunächst wird das Vorkommen der Geschwülste bei Mensch und Tier kurz besprochen, und im Anschluß daran mit Recht betont, daß der sog. „Pflanzenkrebs" mit den Geschwülsten des Tierreiches nichts zu tun hat. — Das Wesen der Geschwulst liegt auch nach FISCHER-WASELS in der Geschwulstzelle selbst. Diese ist zwar mit Ausnahme des Chorionepithelioms eine körpereigene Zelle, nach FISCHER aber etwas „wesentlich und prinzipiell anderes als jede andere Körperzelle". Die Differenz zwischen Tumor und Körperzelle liegt in einer krankhaften Veränderung der funktionellen und formbildenden Potenzen und im Verlust der Beziehungsfähigkeit der Geschwulstzelle zum Gesamtorganismus. Sie äußert sich ferner in einem abnormen Stoffwechsel und in einem besonderen chemischen und physiologischen Verhalten.

Was FISCHER über die *histogenetische Geschwulstforschung*, Geschwulstnomenklatur und Klassifikation sagt, ist besonders lesenswert. Er steht in seiner Ablehnung der Übergangsbilder der Histogenese als Grundlage der Klassifikation und Namengebung ganz auf seines Lehrers RIBBERT Standpunkt, den auch Referent schon seit Jahren verficht: „Da die Histogenese bei vielen Geschwülsten nicht aufklärbar ist", ist es „ver-

fehlt, die Histogenese zur Grundlage der Tumoreinteilung und Geschwulstnomenklatur zu machen. Was wir wirklich angeben können, ist einfach die Art und Stufe der histologischen Differenzierung. „Diese muß die Grundlage der Namengebung abgeben", unter Berücksichtigung des chemischen und biologischen Verhaltens der Geschwülste.

Speziell lehnt FISCHER (wie RIBBERT) den histogenetischen Begriff des Endothelioms ab. Die Betonung dieses vielleicht zu radikalen Standpunktes ist interessant in einer Zeit, wo wir die Bedeutung des reticuloendothelialen Systems von Tag zu Tag mehr schätzen lernen. Als Warnung vor gedankenloser Anwendung der Endotheliomdiagnose sind die Ausführungen FISCHERS aber zweifellos sehr zu beherzigen. Ohne weiteres zugestimmt werden muß FISCHER auch bezüglich der Wertlosigkeit der Peritheliomdiagnose, ebenso darin, daß mit dem Sarkombegriff Mißbrauch getrieben wird, und daß die Bezeichnung Sarkom nur für zweifellos bindegewebige bösartige Blastome berechtigt ist.

Besonders zu begrüßen ist die *Einführung des Begriffes der „Cytoblastome oder Meristome"* für ganz indifferente Geschwülste, welche man weder ohne weiteres vom Epithel noch vom Mesenchym ableiten kann und die ganz ungerechterweise zu den Sarkomen gezählt zu werden pflegen.

Zuzugeben ist, daß der Basaliombegriff durch die Ausdehnung, welche er durch KROMPECHER schließlich erfahren, an Wert sehr viel eingebüßt hat. Ob es aber möglich sein wird, ihn, wie FISCHER vorschlägt, gänzlich auszurotten, auch für die nicht stachelzellen- und hornbildenden Plattenepithelkrebse der Epidermis, ist eine andere Frage.

Über die Entstehung der Geschwülste wissen wir heute, daß sie von einer umschriebenen Stelle ausgehen, dem „Gewebskeim". Für einen großen Teil der Geschwülste ist dieser Gewebskeim embryonal angelegt. (COHNHEIM-RIBBERT.) Es gibt aber eine Reihe von Tumoren, insbesondere bösartige, deren Beziehung zu äußeren Einflüssen so einwandfrei nachzuweisen ist, daß hier die Annahme einer embryonalen Anlage als wesentliche Ursache vollkommen fallen muß. Hier ist die Geschwulstkeimanlage eine regeneratorische. Die COHNHEIM-RIBBERTsche Theorie ist also dahin zu modifizieren, daß es mehr auf die physiologische als auf die topographische Ausschaltung des Gewebskomplexes aus dem Verband ankommt. Bezüglich der Beziehung zwischen Infektion und Krebs hält FISCHER daran fest, „daß die Infektionskrankheit wohl als ein in manchen Fällen sehr wichtiger Realisationsfaktor der Geschwulstbildung bezeichnet werden muß, daß aber der Determinationsfaktor der echten Geschwulstbildung im Charakter der Geschwulstzelle als solche gegeben ist.

Bezüglich der Reiztheorie gibt FISCHER zu, daß wir heute eine große Anzahl von Tumorbildungen, die auf dem Boden immer wiederholter Schädigungen entstehen kennen. Da die Reiztheorie aber bei der Erklärung des fokusartig lokalisierten Auftretens der Geschwulstbildung bei flächenförmiger Einwirkung der Noxen und der Latenzzeit zwischen Reizwirkung und Krebsbildung versagt, so gestattet die Reiztheorie nicht, die embryonale Anlage des Geschwulstkeimes im Sinne COHNHEIM-RIBBERTS als widerlegt zu bezeichnen.

Ein besonderes Kapitel ist der *experimentellen Geschwulstforschung* gewidmet, in dem unter Erwähnung eigener Versuche die verschiedenen Methoden der Tumorerzeugung eingehend besprochen werden. Das nächste Kapitel bringt wieder eine Betonung des Standpunktes, daß die lokale Gewebsmißbildung der wichtigste Vorgang für die Bildung von Geschwulstkeimanlagen ist, sei es auf embryonaler, sei es auf regeneratorischer Basis, das Leitmotiv der ganzen Darstellung bleibt auch in diesen Abschnitten die embryonale Geschwulstkeimanlage. Hier ist vielleicht zu betonen, daß es bei dem von mir stets vertretenen Standpunkt FISCHERS, daß die Roustumoren keine gewöhnlichen Geschwülste sind, nicht angeht, diese o. W. als Beispiele für echte Geschwulsterzeugung aus embryonalem Gewebe zu verwerten. Die Roustumoren sollten bis auf weiteres von den gewöhnlichen Geschwülsten gesondert betrachtet werden, bis ihre Stellung klargelegt ist.

Mit Recht spricht sich FISCHER für die Beibehaltung des ORTHschen Begriffes der *präkanerösen Zustände* aus, will diesen aber auf alle Geschwülste ausgedehnt wissen, — „präblastomatöse Prozesse". Auch er versteht darunter Prozesse, (regenerative oder metaplastische) oder Zustände, (embryonale Gewebsmißbildung) oder Kombinationen solcher (Xeroderma pigmentosum), die erfahrungsgemäß zur Bildung von Geschwulstkeimen führen können, nicht aber müssen.

Die Bedeutung *allgemeiner Faktoren* wie der konstitutionellen Faktoren, der individuellen und der Alters- und Organdisposition, der Ernährungsweise, spezifischer Wuchsstoffe und des Stoffwechsels wie der inneren Sekretion für die Entstehung der Geschwulstbildung aus der Anlage wird eingehend besprochen.

In dem 13. Kapitel *„Allgemeine Biologie"* werden die Art und Dauer des Wachstums, die Malignität, die Selbstheilung, das Rezidiv, die Metastasenbildung und die Transplantierbarkeit, die Funktion der Geschwulst besprochen.

Die allgemeine *Ätiologie* gibt das in den vorhergehenden Kapiteln Gesagte kurz zusammengefaßt noch einmal wieder. Der *Morphologie* der Geschwülste schließt sich endlich als letztes Kapitel, die entsprechend dem im Kapitel Histogenese Gesagten, auf der Histologie und Differenzierung basierende *Benennung* und *Einteilung* der Geschwülste unter Beigabe einer *Übersichtstafel* über die wichtigsten Geschwulstgruppen.

O. TEUTSCHLAENDER, Heidelberg.

KRUYT, H. R., **Einführung in die Physikalische Chemie und Kolloidchemie.** Aus dem Holländischen übersetzt von A. NOWAK. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft 1926. XIII, 208 S. und 67 Abb. Preis geh. RM 8.40, geb. RM 10.—.

Die vorliegende Einführung in die physikalische Chemie wendet sich insbesondere an Biologen und Mediziner, die sich mit den für sie wichtigen Tatsachen und Theorien dieses Wissenszweiges bekannt machen wollen. Sie beschränkt sich daher bewußt auf eine Auswahl leicht verständlich behandelter Kapitel, ohne die Grundlagen dieser Wissenschaft selbst darzustellen.

Der Aufbau des handlichen Bandes, ausgehend von den osmotischen Erscheinungen, ist recht geschickt durchgeführt. Wenn auch bei der Kürze der einzelnen Kapitel der Leser mehr mit oft recht plausiblen Erläuterungen statt mit Beweisen vorlieb nehmen muß, trotzdem ein bescheidener Gebrauch auch der höheren Mathematik nicht gescheut wird, so wird durch reichlich eingestreute Abbildungen, Kurven und Tabellen doch der jeweils behandelte Gegenstand der Anschauung recht nahe gebracht.

Die mathematische Behandlung des Stoffes erscheint nicht immer sehr glücklich. Darf man, wie es für das Studium der physikalischen Chemie wohl gefordert werden muß, wenigstens die allgemeinsten Begriffe der Infinitesimalrechnung als bekannt voraussetzen, so erübrigt sich ein Eingehen auf den Begriff

des Differentialqotienten usw.; ist diese Voraussetzung nicht berechtigt — und dies dürfte bei dem gedachten Leserkreise vielleicht der Fall sein —, so erscheint es sehr fraglich, ob die wenigen mathematischen Erläuterungen ausreichen, um ein Verständnis der benutzten Formeln zu erleichtern.

Der Inhalt des Bändchens gliedert sich in folgende Kapitel: Eigenschaften der Lösungen; osmotischer Druck (1—31). Reaktionsgeschwindigkeit und Gleichgewicht (32—69). Elektrochemie (70—109). Adsorption (110—127). Kapillar-elektrische Erscheinungen (128—138). Kolloide; Suspensoide (139—170). Emulsoide (171—189). Ergänzungen (190—205). Da die einzelnen Kapitel mit großem padagogischen Geschick abgefaßt sind, und bei allem Bemühen, die Darstellung elementar zu halten, der Leser offensichtlich angeleitet wird, über die Erscheinungen und ihre Deutung nachzudenken, wird man das Buch nicht ohne Nutzen und reiche Anregung studieren, zumal Literaturhinweise ein weiteres Eindringen in die behandelten Gebiete zu erleichtern suchen. Einige Druckfehler werden leicht erkannt werden (z. B. S. 147, Tabelle: 100 und 500 $\mu\mu$ statt μ); Übersetzung und Ausstattung sind sehr befriedigend gelungen.

Lothar Hock, Gießen.

RIESENFELD, E. H., **Anorganisch-chemisches Praktikum. Qualitative Analyse und anorganische Präparate.** 7. Auflage unter Mitwirkung von R. Klement. Leipzig: S. Hirzel 1927. XVI, 371 S. und 27 Abbildungen. 14 × 20 cm. Preis RM 8.—.

Die analytische Chemie, die lange Zeit lediglich als handwerksmäßiges Hilfsmittel der wissenschaftlichen Chemie angesehen wurde, erlebt in den letzten Jahren eine neue Blüte. Diese ist hervorgerufen nicht nur durch die Anwendung physikalisch-chemischer Erkenntnisse auf analytische Methodik, sondern auch durch den Gebrauch zahlreicher organischer Stoffe zum sehr genauen Nachweise und zur Bestimmung der verschiedensten Elemente, mit denen sie zum Teil komplexe Verbindungen bilden. Auch die Bedürfnisse vieler Industrien nach möglichst schnellem und genauen Nachweise von Verbindungen, sowie nach der exaktesten und schnellsten quantitativen Bestimmung derselben, hat zu ungeahnten Vervollkommnungen mancher analytischer Methoden geführt. Die wissenschaftliche Ausarbeitung aller dieser Verfahren hat auch vielfach die allgemeinen Kenntnisse erweitert und z. B. Aufschlüsse über Löslichkeiten, über die Empfindlichkeitsgrenzen der Reaktionen und vieles andere erbracht.

Unter diesen Umständen ist eine sehr gründliche Ausbildung der jungen Chemiker in der analytischen Chemie, die ja schon stets die Grundlage unseres chemischen Lehrgebäudes bildete, von noch größerer Wichtigkeit geworden.

Das vorliegende Buch hat schon seit langen Jahren dieser Aufgabe sehr Fruchtbares geleistet. Es gehört zu den in Deutschland verbreitetsten Praktiken der analytischen Chemie und es verdankt diese Stellung sowohl dem klugen Kompromisse in der Berücksichtigung der modernen Theorien mit der Wiedergabe des großen Wissensschatzes der älteren Chemiker an Tatsachenmaterial, wie einer klaren und gedrungenen Darstellung ebensosehr der theoretischen Grundlagen wie der zahlreichen Einzelreaktionen. Sehr bewährt hat sich auch die Vereinigung präparativer Vorschriften mit den analytischen Reaktionen und dem Analysengange.

Alle diese Vorzüge zeigt auch die neue Auflage, die in manchen Punkten, vor allem in den theoretischen Ausführungen, sachgemäße Erweiterungen bringt, und es ist zu erwarten, daß das Buch nicht nur seinen alten Wirkungskreis behauptet, sondern ihn noch ausdehnt.

A. Rosenheim, Berlin.

CLASSEN, ALEXANDER, und HEINRICH DANNEEL, **Quantitative Analyse durch Elektrolyse.** Begründet von A. Classen. 7. umgearbeitete Auflage. Berlin: Julius Springer 1927. IX, 399 S., 78 Textabbild., 2 Tafeln und zahlreiche Tabellen. 15 × 22 cm. Preis geh. RM 22.50, geb. RM 24.—.

Im Jahre 1882 erschien als erstes Werk über Elektroanalyse Classens „Einleitung zur quantitativen Analyse auf elektrolytischem Wege". Die kleine Schrift enthielt in der Hauptsache nur Methoden, die im Aachener Laboratorium Classens aufgefunden und ausgearbeitet waren. Mit der 2. Auflage im Jahre 1885 wurde sie in demselben Sinne erweitert und der Verfasser sagt in der Einleitung: „Diese neue Art der Analyse dürfte nunmehr in ihren wesentlichen Teilen als abgeschlossen gelten." Schon die 3., im Jahre 1895 erschienene Auflage zeigt aber, daß dies nicht zutraf und Classens Arbeit vielseitigere Früchte zeitigte, als er selbst annahm, denn in ihr kann er schon zahlreiche fremde Arbeiten berücksichtigen und mit Genugtuung feststellen, welche Bedeutung der von ihm im wesentlichen begründete Wissenszweig schon für die Industrie gewonnen hat. Neue Hilfsmittel der Elektrotechnik, wie die Dynamomaschine, der Akkumulator und Meßinstrumente, werden bei der Elektroanalyse angewandt und eine leidenschaftliche Diskussion zwischen Classen, der diese Anwendung empfiehlt und Rüdorff, der bei der Analyse nur das altbewährte Meidinger Element als Stromquelle gelten lassen will und andere Messungen als die der Stromstärke nicht kennt, werfen ihre Schatten von den Veröffentlichungen in den Zeitschriften auch auf das Buch.

Welche Bedeutung seitdem die Elektroanalyse gewonnen hat, und wie die Fortschritte der physikalischen Chemie, speziell der Elektrochemie, selbstverständlich auch diese Analysenmethode befruchtet haben, das ist an dieser Stelle schon wiederholt hervorgehoben worden und braucht nicht erneut erwähnt zu werden. Die jetzt vorliegende 7. Auflage, die Classen zusammen mit seinem langjährigen früheren Mitarbeiter bearbeitet hat, gibt nicht nur eine auf den modernsten Erfahrungen beruhende neue Darstellung der theoretischen Grundlagen, die jedoch wohl z. T. infolge unnötiger Wiederholungen nicht die Stärke des Buches ausmacht, sondern auch in übersichtlicher und gedrängter Form, angeordnet nach dem periodischen System der Elemente, eine Zusammenstellung sämtlicher bekannter elektroanalytischen Methoden, sowie ihre Anwendung bei der Analyse technischer Produkte, so daß das Werk nach wie vor als das klassische der Elektroanalyse betrachtet werden kann. Auch die elektrolytischen Schnellmethoden werden vollständig berücksichtigt, wenn auch für die Originalliteratur auf das Spezialwerk von Fischer und Schleicher verwiesen wird.

Dieses Buch, dessen Entwicklung, wie man sieht, einen außerordentlichen interessanten Beitrag zur Geschichte unserer neueren Chemie bildet, bedarf keiner besonderen Empfehlung. Es bleibt das Standardwerk für jeden, der elektroanalytische Methoden anzuwenden hat.

Die Entwicklung der Elektroanalyse geht aber nach Ansicht der Verfasser weiter! Sie sagen im Vorwort der vorliegenden Auflage:

„Die neuere Zeit hat für das elektrolytische Verhalten der Elemente mehr und mehr ein abgerundetes Bild gegeben; daß wir noch weit davon entfernt sind,

ein abgeschlossenes Bild zu haben, ist sicher, ja, es werden die einschneidenden Fortschritte in der Kenntnis des Atombaues und der Struktur der festen Metalle wahrscheinlich unsere heutigen Auffassungen über die Konstitution der Lösungen und über die elektrolytische Lösungstension der Metalle über den Haufen werfen, wenn auch wohl kaum vernichten; wir werden aber dadurch, daß wir die elektrolytischen Vorgänge von einer anderen Perspektive betrachten, ein ganz neues Bild erhalten." A. ROSENHEIM, Berlin.

HOUBEN, J., **Fortschritte der Heilstoffchemie.** Erste Abteilung: Das deutsche Patentschriftwesen. 3. Band 1908—1912. Berlin und Leipzig: Walter de Gruyter u. Co. 1927. XI, 116 und 999 S. 20×28 cm. Preis geh. RM 86.—, geb. RM 96.—.

Der dritte Band dieses bereits früher angezeigten Riesenwerkes spiegelt die Progression der synthetischen Arzneimittelproduktion deutlich wieder: Für die Wiedergabe der Patentschriften der 5 Jahre von 1908 bis 1912 nebst ihrer sachverständigen Ordnung und Besprechung, war mehr Druckraum erforderlich als für die Patentschriften der sieben Jahre 1901—1907 (und erst recht mehr als für die 24 Jahre 1877—1900). Auch die Qualität der in den Patentschriften niedergelegten Leistungen klimmt in dem behandelten Zeitraum zu beachtlicher Höhe. Schließt er doch z. B. die Patente der Höchster Farbwerke auf die Darstellungsverfahren für synthetisches Adrenalin und Salvarsan ein. Freilich auch ein deutliches Dokument für die Unsumme von Anstrengungen, scheinbar vergeblichen Mühen und jedenfalls enttäuschten Hoffnungen, die den Weg der Menschheit zu ihren Erfolgen pflastern, bildet der stattliche Band. So liest man heute im Zeitalter des Insulins nicht ohne Interesse die Patentschrift der Firma Schering aus dem Jahre 1907: „Verfahren zur Herstellung eines für die Diabetesbehandlung geeigneten Pankreaspräparates". Dem verdienten Herausgeber werden viele Forscher Dank wissen, daß er opferwillig die mühselige Arbeit auf sich genommen hat, die Benutzung des reichen und interessanten Materials der Patentschriften durch Ordnung und Erläuterung so außerordentlich zu erleichtern.

W. HEUBNER, Göttingen.

WAGGAMAN, WM. H., and HENRY W. EASTERWOOD. **Phosphoric acid, Phosphates and Phosphatic Fertilizers.** New-York: Chemical Catalog Company 1927. 370 S. 15 × 23 cm. Preis 7.50 $.

Der Zweck des vorliegenden Buches ist es, denjenigen, die mit der Phosphorsäure und Phosphatindustrie wenig bekannt sind, einen Überblick über die gesamte Industrie zu geben, angefangen mit der Gewinnung des Rohmaterials bis zum Verbrauch der Fertigfabrikate in anderen Industriegebieten. Dem Charakter des Buches entspricht es, wenn man die theoretische Seite der chemischen Prozesse nur flüchtig skizziert findet, wie zum Beispiel bei der Umsetzung von Tricalciumphosphat mit Kohle und Kieselsäure in der Hitze. Im Vordergrund steht immer die Frage der Nützlichkeit, des Kostenschlages; deshalb wird man auch auf Aufschlußverfahren mit anderen Säuren außer Schwefelsäure nur kurze Hinweise finden, die allerdings durch Angabe der einschlägigen Patente ergänzt sind. Ebenfalls ist es unterlassen worden, bei Besprechung der Phosphatlager auf mineralogische und petrographische Einzelheiten einzugehen.

Die spezielle Besprechung der Herstellung der Phosphorsäure und ihrer Salze ist in 4 Abschnitte eingeteilt. Im ersten wird die Gewinnung der zitronensäure- und citratlöslichen Verbindungen erläutert; Berücksichtigung finden dabei die Verarbeitung der Knochen, die Thomasmehlindustrie und Glühphosphate und die elektrochemische Herstellung von Dicalciumphosphat nach dem *Palmar*prozeß. Das nächste Kapitel behandelt die wasserlöslichen Phosphate, wobei vor allem die Behandlung der Rohware mit Schwefelsäure erläutert und auch auf die theoretische Seite etwas ausführlicher eingegangen wird. Besonders weitgehend werden im Anschluß hieran die Mischphosphate, die Stickstoff und Kali neben Phosphorsäure enthalten, besprochen. Das nächste Kapitel ist der reinen Phosphorsäure gewidmet, wobei der im vorhergehenden Abschnitt besprochene Schwefelsäureaufschluß in Kürze ergänzt wird; unter besonderer Berücksichtigung des Doorsystems (Dekantierverfahren). Die Reinigung von Kieselsäure, Gips, Arsen, Eisen, Aluminium, Fluor und Vanadium wird skizziert. Im letzten Kapitel findet man das elektrische Verfahren zur Herstellung von reinem Phosphor, Phosphorsäure und ihren Salzen beschrieben. Besonders ausführlich wird die Brikettierung der verschiedensten Rohphosphate als eine der wichtigsten Voraussetzung für das elektrische Verfahren behandelt.

Wie schon angedeutet, wird in besonderen Abschnitten die Verwendung der Phosphorsäure und phosphorsäurehaltigen Substanzen in anderen Industrien geschildert. Sie seien nachstehend aufgezählt: 1. Backpulverindustrie, welche die primären Phosphate des Calciums, Kaliums, des Natriums und Dinatriumpyrophosphates benutzt. 2. Enthärtungsmittel für Wasser in verschiedenen Industriezweigen sind das Di- und Trinatriumphosphat. 3. Die Stahlindustrie benutzt Phosphate zur Verhütung der Korrosion und Oxydation. 4. Glas- und keramische Industrie. 5. Getränkeindustrie. 6. Zemente für die Zahnärzte. 7. Photographische Artikel. 8. Feuerlöschmittel. 9. Zuckerindustrie. 10. Gärungschemie. 11. Textilbranche. 12. Verarbeitung des Tricalciumphosphat in kosmetischen und medizinischen Präparaten.

Als wertvolle Ergänzung sind in mehreren Tabellen sämtliche amerikanische Patente von den ältesten ab bis zum Jahre 1920, die sich auf Phosphorsäuredarstellung beziehen, eingefügt, so daß jeder in der Praxis stehende Chemiker von dem Werke den größten Nutzen haben kann. Von deutschen Verfahren sind nur solche aufgezählt, die gleichzeitig in Amerika patentiert sind. (Leider befinden sich in dem Buche sehr viele entstellende Druckfehler.) W. STOLLENWERK, Bonn.

CHWOLSON, O. D., **Traité de Physique.** Tome suplémentaire: La physique de 1914 à 1926. Première partie. Traduite du Russe par A. CORVISY. Paris: Librairie scientifique J. Hermann 1927. 339 S. und 53 Abbildungen. 16 × 25 cm. Preis 63 Fr.

Das bekannte, in viele fremde Sprachen übersetzte Lehrbuch der Physik von CHWOLSON wird wohl der letzte Repräsentant seiner Gattung bleiben, jener Werke in denen ein einzelner Gelehrter es unternahm, das gesamte große Gebiet der Physik einigermaßen vollständig und ausführlich darzustellen. Auch wo solche Werke unter dem alten Namen neuerdings wieder aufgelegt werden, sind sie in Wahrheit nur noch geradeso wie die neu erscheinenden großen Handbücher Aneinanderreihungen von Monographien aus der Feder einer Anzahl von Spezialisten. Daß dies nur ein notwendiges Übel ist, daß der einheitliche Aufbau aus einem Guß das eigentlich wünschenswertere wäre, wird niemand leugnen. So ist es zu verstehen, daß CHWOLSON das Bestreben hat, sein großes Werk möglichst lange auf der Höhe zu halten; es ist aber auch zu verstehen, daß er davor zurückscheut, die abgeschlossenen älteren Bände aufs neue aufzureißen, die große Menge des

inzwischen angesammelten Materials in sie hineinzuarbeiten. Der Ausweg, den er gewählt hat, besteht in einem Nachtragsband, der einen Querschnitt durch die Physik der neusten Zeit geben soll und von dem jetzt der erste Teil in französischer Übersetzung vorliegt. Abgesehen von zwei relativ kurzen Kapiteln, von denen das eine Ladung und Masse des Elektrons, das andere einige experimentelle Ergebnisse aus der Ultraviolett- und Ultrarotspektroskopie behandelt, bildet seinen Inhalt das, was man heutzutage im allgemeinen als Atomphysik zu bezeichnen pflegt: Elemente der Quantentheorie, Grundlagen der Bohrschen Atomtheorie, Aufbau der Atome, Linienspektra, Röntgenspektra, Bandenspektra, Anregung und Ionisation von Atomen durch Elektronenstoß. Bei dem bekannten pädagogischen Talent Chwolsons wird vieles aus diesen Gebieten in sehr elementarer und leicht faßlicher Form auseinandergesetzt, manches bleibt natürlich unvollständig, manches ist auch schon wieder überholt — im ganzen kommt das Buch als solches für den deutschen Leser zu spät. Was es bietet, findet man in dem Sommerfeldschen Standardwerk vollständiger, in der Gerlachschen Einführung in die Atomphysik noch populärer in der Darstellung und dabei schon mehr den neuesten Fortschritten angepaßt. Immerhin wird denen, die die älteren Bände des Chwolsonschen Werkes besitzen und schätzen, dieser Nachtrag, dessen Erscheinen auch in deutscher Sprache bereits vorangezeigt ist, als Ergänzung willkommen sein. Die Ausstattung der vorliegenden französischen Ausgabe gemahnt, was Druck, Papier und vor allem auch die Reproduktion der nicht allzu zahlreichen Abbildungen angeht, an eine Zeit, die das deutsche Buchgewerbe glücklicherweise schon lange wieder überwunden hat.

Peter Pringsheim, Berlin.

SAPPER, K., **Vulkankunde.** Bibliothek geographischer Handbücher. Stuttgart: J. Engelhorns Nachf. 1927. VIII, 424 S., 32 Textfig., 30 Bildtafeln und 4 Karten. Preis geh. RM 33.50, geb. RM 36.50.

Im Jahre 1886 begann der Würzburger Geograph seine vulkanologischen Studien am Vesuv, von 1890 bis 1900 setzte er sie in den Vulkangebieten Mittelamerikas und Mexikos fort, im Jahre 1901 übernahm er es, eine Vulkankunde zu schreiben, und heute, nach zahlreichen weiteren Reisen des Verfassers in die verschiedensten Vulkangebiete der Erde, liegt uns endlich das fertige Werk vor. Von einem Buch, das eine solche Geschichte hat, darf man viel erwarten; aber selbst diese hochgespannten Erwartungen werden bei weitem übertroffen. Mit diesem Lebenswerk hat sich Sapper ein Denkmal gesetzt, um das wir Jungen ihn beneiden können.

Nach mehreren einleitenden Kapiteln folgt als ein Hauptteil des Werkes eine eingehende Darstellung der vulkanischen Vorgänge. Diese werden uns vorgeführt an Hand einer großen Zahl von Einzelbeispielen, teils aus eigener Kenntnis, teils auf Grund kritisch verwerteter fremder Darstellungen. Selbst der Fachmann wird erstaunt sein über den Reichtum der Erscheinungen und Möglichkeiten, der uns in diesen Darlegungen entgegentritt. Auch dem Laien, der in ein Vulkangebiet reist, wird gerade diese Einzelbehandlung das Buch unentbehrlich machen. Dankbar muß man sein dafür, daß trotz gründlicher wissenschaftlicher Analyse die Aufzählung der verschiedenen Ausbruchserscheinungen nie trocken wird, sondern immer wieder plastisch das große Erleben erkennen läßt, das vulkanische Tätigkeit in ihrer unheimlichen Schönheit für jeden Augenzeugen darstellt.

Im Abschnitt VII (Genetische Morphologie der vulkanischen Gebilde) wird der verschiedenartige geologische Bau der Vulkane in seiner Abhängigkeit von den verschiedenen Ausbruchsvorgängen diskutiert. Die dabei gegebenen Definitionen der Hauptvulkantypen und die Kritik der dafür üblichen Bezeichnungen ist besonders wichtig. Kleine Wiederholungen des bereits früher Gesagten in diesem Abschnitt wie auch sonst gelegentlich, wie sie gerade demjenigen leicht unterlaufen, der nicht Abschnitt für Abschnitt seines Themas nach einem starren Schema „erledigt", sondern dem bei jedem niederzuschreibenden Satz die Gesamtheit des Stoffes und der Zusammenhänge vor Augen steht, stören nicht. Sie sind vielleicht sogar beabsichtigt, da dadurch die Lesbarkeit für denjenigen wesentlich erhöht wird, der die Fülle des Stoffes nicht beherrscht. Mit dem Abschnitt über den inneren Bau ist die Grundlage geschaffen für den Abschnitt VIII, in dem die Abtragungsvorgänge an Vulkanen und die dabei entstehenden Formen übersichtlich behandelt werden. Es ist das einer der wichtigsten Abschnitte des Buches; er bedeutet eine wertvolle Ergänzung unserer Kenntnis von den exogenen Kraftwirkungen.

Nach einer systematischen Untersuchung der Verteilung der Vulkane, ihrer Tätigkeitsäußerungen, Förderungsleistungen usw. folgt, das bis dahin Gebrachte abschließend, ein Abschnitt über die geographische Bedeutung der Vulkane, insbesondere für die Wasserversorgung, wirtschaftliche Ausnutzung der Gesteine, Bodengüte usf. Hier hätte man vielleicht eine etwas ausführlichere Behandlung der Bedeutung der Vulkane für das Landschaftsbild schlechthin nicht ungern gesehen. Wie stark eine einzelne Vulkanform und nun erst mehrere Vulkane das ganze Landschaftsbild, selbst der weiten Umgebung, unmittelbar beeinflussen und beherrschen können, erfahren wir nicht mit der Deutlichkeit, wie sie demjenigen sicher angenehm wäre, der keine Vulkangebiete aus eigener Anschauung kennt. Die schönen, dem Buche beigegebenen Abbildungen vermögen da doch nicht den vollen Ersatz zu bieten für das Wort, zumal eines Mannes, dessen „Geologischer Bau und Landschaftsbild" (2. Aufl. Braunschweig 1922) für derartige landschaftliche Darstellungen auf analytischer wissenschaftlicher Grundlage vorbildlich ist.

Welche Arbeit in der vollständigen Liste der in historischer Zeit als tätig gemeldeten Vulkane mit allen über sie bekannten Angaben (Abschnitt X) steckt, wird wohl niemand richtig ermessen können; in unserer schnellebigen und schnell Erfolg heischenden Zeit verzichtet man ja leider immer mehr darauf, solche sich oft nicht unmittelbar auswertenden und doch unentbehrlichen Arbeiten durchzuführen. Der letzte Abschnitt, eine historische Darlegung der allmählichen Entwicklung unserer vulkanologischen Vorstellungen von Thales bis in die Jetztzeit, zeigt, wie erfreulich weit unsere Erkenntnis trotz der vom Verfasser aufgezeigten und beklagten Lücken doch schon gediehen ist und läßt den Verfasser hoffen, daß manche im Augenblick nicht lösbare Frage doch schließlich beantwortet werden wird.

Hans Mortensen, Göttingen.

TERTSCH, H., **Trachten der Krystalle.** Forschungen zur Krystallkunde, herausgegeben von Arrien Johnsen, Heft 1. Berlin: Gebr. Borntraeger 1926. VI, 222 S. und 58 Figuren. 16 × 25 cm. Preis RM 15.—.

Die eigenartige Doppelstellung der Mineralogie als beschreibende und als exakte Wissenschaft tritt vielleicht auf keinem Gebiet so klar zutage wie bei den Problemen der Krystalltracht. Die genaue Definition dieses Begriffes wird von verschiedenen Autoren etwas verschieden formuliert. Tertsch versteht unter Krystalltracht eines Minerals *„die Summe bestimmter*

Flächenarten (Habitus) und deren charakteristische Ausbildungsweisen (Tracht und Verzerrung), hervorgerufen durch die Reaktion des wachsenden Krystalles auf die seine Bildung begleitenden chemischen und physikalischen Umstände". Das krystallographische Grundgesetz (Rationalitätsgesetz) bestimmt die Gesamtheit der Flächenlagen, die an einem Krystall von gegebenem Symmetriecharakter a priori möglich sind. Diese Mannigfaltigkeit wird eingeschränkt durch die Erfahrungsregel über das Vorherrschen von Krystallflächen mit „kleinen" Indices. Doch auch mit dieser Einschränkung ist das Grundgesetz völlig unzureichend zur Erklärung der charakteristischen Trachteigentümlichkeiten der einzelnen Mineralien. Dem beschreibenden Mineralogen tritt das Problem zunächst in der Form entgegen, daß häufig bestimmte Trachttypen eines Minerals für bestimmte Fundorte charakteristisch sind. Für die physikalische und physikalisch-chemische Betrachtung der Krystalle führt das Trachtproblem zu der Frage nach den Ursachen der relativen Wachstumsgeschwindigkeiten der einzelnen Krystallflächen in ihrer Abhängigkeit von der Krystallstruktur einerseits, von den äußeren Bedingungen (Lösungsmittel, Lösungsgenossen, Temperatur usw.) andererseits.

Das vorliegende Buch bringt einen längst erwünschten systematischen Überblick über den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse auf diesem Gebiet. Zunächst werden die besonders von der Wiener Schule (BECKE) ausgearbeiteten Messungsmethoden zur mathematischen Fixierung der vorliegenden Trachttypen mit den auf diesem Wege gewonnenen allgemeinen Gesichtspunkten ausführlich besprochen. Ein weiteres sehr ausführliches und übersichtlich geordnetes Kapitel bringt eine systematische Besprechung der verschiedenen physikalischen und chemischen Einflüsse, die entscheidend auf die Krystalltracht einwirken können. Besonders hier kommt die große Vielseitigkeit des Trachtproblems und die Notwendigkeit weiterer experimenteller Forschung bezüglich des Krystallwachstums unter scharf definierten, beliebig veränderlichen äußeren Bedingungen in klarer Weise zum Ausdruck. Dann folgen sehr anregende Ausführungen über die „Trachtwichtigkeit" von Flächen, wobei besonders die von NIGGLI aufgestellten Gesichtspunkte zwecks Aufdeckung von gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Krystalltracht und Krystallstruktur ausführlich erläutert werden und ein kurzes Kapitel über „Trachtbesonderheiten und Oberflächenausbildung". Den Abschluß bildet ein theoretisches Kapitel, in dem gezeigt wird, inwieweit es bis jetzt gelungen ist, die Einzelfragen durch Einordnung unter allgemeinen deduktiven Gesichtspunkten zu klären. Hier tritt das Problem der Wechselwirkung zwischen Krystalloberfläche und umgebende Lösung (oder Schmelze) als rein physikalisch-chemische Angelegenheit in den Vordergrund. Mit Recht wird betont, daß die Forschung bezüglich dieses höchst verwickelten Problems der Molekular- und Atomphysik erst am Anfang ihrer Entwicklung steht, so daß von einer abschließenden Beurteilung keineswegs die Rede sein kann.

Das Buch bildet das erste Heft einer von A. JOHNSEN herausgegebenen Serie von Monographien, die unter dem Sammeltitel „Forschungen zur Krystallkunde" beim Verlag Gebr. Borntraeger erscheinen. Durch die übersichtliche und klare Form der Darstellung, durch zahlreiche zweckmäßig gewählte Abbildungen und durch ein sorgfältig zusammengestelltes umfangreiches Literaturverzeichnis bildet das Buch eine würdige Eröffnung dieser warm zu begrüßenden Herausgabe. Es wird in keiner mineralogischen Bibliothek fehlen dürfen, aber auch Physiker und Chemiker, die sich für die Grenzgebiete der Krystallographie interessieren, werden darin vielerlei Anregung finden. Die Ausstattung ist vortrefflich, wie wir es vom Borntraegerschen Verlag gewöhnt sind.

J. J. P. VALETON, Marburg a. L.

HERITSCH, F., **Die Deckentheorie in den Alpen.** (Alpine Tektonik 1905—1925.) Fortschritte der Geologie und Paläontologie, Bd. VI, H. 17. Berlin: Gebr. Borntraeger 1927. IV, 136 S. und 16 Textfiguren. Preis RM 8.—.

Der Referent hat selbst vor einigen Jahren ein kleines zusammenfassendes Büchlein über alpine Tektonik verfaßt und möchte zunächst seiner Freude darüber Ausdruck geben, daß seine Schilderung durch einen so berufenen Kenner wie HERITSCH zwar weitgehend ergänzt, aber in wesentlichen Zügen bestätigt wird. Die Zielsetzung ist insofern verschieden, als der Referent eine mehr regional gehaltene Allgemeinschilderung erstrebte, die auch dem in den Alpen weniger „Bewanderten" eine Einarbeitung erleichtern sollte, während HERITSCH vor allem die in den letzten Jahren besonders bereicherte Problemstellung herausarbeitet, dabei aber schon eine gewisse topographische und geologische Vertrautheit mit den Hauptfragen voraussetzt.

Da die ganze Frage der alpinen Gebirgsbildung heute noch wie vor 20 Jahren im Brennpunkte der geologisch-tektonischen Forschung steht, sei es hier gestattet, die Kernpunkte der HERITSCHschen Darstellung etwas ausführlicher zu besprechen.

Die Deckentheorie, zuerst und vorwiegend von den Schweizer Geologen ausgebaut, ist die Lehre von den großen horizontalen Massenverfrachtungen. Gesteine, die ursprünglich nebeneinander lagen, liegen heute, mehrfach aufgestapelt, übereinander. Die „helvetischen Alpen", d. h. z. B. Glarner Alpen oder die Berge um den Vierwaldstätter See, lagen ursprünglich etwa am Gotthard, die Berge des Wallis (Monte Rosa Kette usw.) etwa am Nordrand des Lago Maggiore. Noch gewaltigere Verfrachtungen haben einzelne, nur in Resten erhaltene Gesteinsmassen der nördlichen Alpen erlitten, wie etwa die „Mythen" am Vierwaldstätter See, welche ihrem Charakter nach schon an Gesteine der Südalpen erinnern. Diese grandiose Verfrachtung hatte eine enorme Verkürzung der Alpenbreite zur Folge. Für die helvetische Zone, d. h. das Gebiet nördlich vom Aarmassiv, gibt HEIM eine Verkürzung vor 180 km auf 60 km an, für die penninische Zone, d. h. die Berge zwischen Rhonetal und Südalpen, von 300 km auf 80 km. Die Beweise gründen sich darauf, daß auf weiten Strecken ältere Gesteine auf jüngeren liegen, was nur durch sekundäre Überdeckung möglich ist, weiterhin darauf, daß heute Gesteine neben- und aufeinander liegen, die ihrem Charakter nach sicher in größerer Entfernung voneinander abgelagert wurden (z. B. Absätze an der Küste und Gesteine der Tiefsee).

An dem Bestehen großer Massenverfrachtungen zweifelt heute kaum mehr ein Geologe. Insbesondere gilt das Bewegungsbild der Westalpen heute als hinreichend geklärt. Es ist aber nicht angängig — darin hat HERITSCH zweifellos recht — die in einem Gebiete gewonnene Erfahrung schematisch auf den ganzen Alpenstrang zu übertragen und das in einem Querschnitt erkannte Bewegungsbild unendlich nach Osten und Westen zu verlängern. Gerade diese etwas kritiklose Übertragung der Ergebnisse hat der Entwicklung der Alpengeologie sehr geschadet.

Schon die Frage nach dem „*Wie*" der Massenbewegungen kann und muß sehr verschieden beantwortet werden. Für die helvetischen Alpen, die aus mehr oder weniger fein geschichteten Gesteine des Jura, der Kreide und des Alttertiärs bestehen, haben die Schweizer Geologen die Entstehung der Decken aus Falten angenommen, bei denen der eine Schenkel durch übertriebenes Vorwärtsgleiten des anderen zerrissen und ausgewalzt wurde. Im Gegensatz dazu sind wohl die starren Kalkklötze der nördlichen Ostalpen mehr wie Eisschollen im Fluß übereinandergeschoben worden, ohne daß es zu einer regelrechten Faltung kam. Die penninischen Alpen (Wallis) zeigen wiederum einen Aufbau aus überkippten Falten, deren Gesteine aber stark verändert, umkrystallisiert, sind; und zwar gingen hier Umkrystallisation und tektonische Bewegung Hand in Hand — die Metamorphose, man kann auch sagen die Krystallinität der Gesteine, nahm zu. Es ist das ein Merkmal der Entstehung in größerer Tiefe bei hohem Druck und hoher Temperatur, und es erscheint als wesentliches Ergebnis der neueren Forschung, daß in dieser Hinsicht die Tauerngesteine in den Ostalpen und die penninische Zone der Westalpen den gleichen Charakter haben. Andere krystalline Gesteine wieder, in Graubünden und in den Ostalpen entwickelt, zeigen Merkmale einer „abnehmenden Metamorphose", d. h. sie waren vor der Faltung krystallin und sind bei der Durchbewegung zum Teil zerbrochen und zerrieben worden, aber nicht umkrystallisiert.

Dieser, zum Teil rein petrographisch am Dünnschliff feststellbare Unterschied zwischen aufsteigender (zunehmender) und absteigender (abnehmender) Metamorphose ist ein sehr wesentlicher Beitrag, den die ostalpinen Geologen neuerdings zu der Methodik der Erforschung alpiner Strukturen geliefert haben und der Entwicklung dieser Gesichtspunkte in den Ostalpen ist bei HERITSCH viel Platz eingeräumt. Hier tobt gegenwärtig der Kampf mit am heftigsten. Die Übertragung des westalpinen Schemas auf die Ostalpen hat sehr lebhaften Widerspruch gefunden, zumal man hier zu Bewegungsintensitäten kommt, die jegliche erlaubte Phantasie überschreiten. Die Vorstellung z. B., daß die gesamten nördlichen Kalkalpen etwa aus der Gegend von Drau und Gail über die Tauern nach Norden abgeschoben wurden, ist so ungeheuerlich und birgt auch so viele rein geologische Schwierigkeiten, daß viele ostalpine Geologen sich, wohl mit Recht, dagegen wehren.

Damit kommen wir zu einem zweiten Hauptproblem der alpinen Faltung, der Frage nach dem „*Wohin*", nach der Richtung der Bewegung. Die Deckentheoretiker „strengster Observanz" lassen nur einen Schub von Süden nach Norden gelten und da im Osten immer höhere Einheiten über den Schweizer Decken erscheinen, kommen sie zu der Annahme immer größerer Verfrachtungen im Osten; theoretisch wären dann die größten Aufstapelungen von Decken dort zu erwarten, wo überhaupt ein Gebirge fehlt — in der ungarischen Tiefebene, ein offenkundiger Widersinn! Läßt man dagegen die Möglichkeit von Schüben aus Ost nach West, bzw. Südost nach Nordwest zu, so können viele Bewegungen auf ein plausibles Maß zurückgeführt werden. Gerade an der Grenze von Ost- und Westalpen sind Anzeichen solcher Bewegungen vorhanden und HERITSCH glaubt feststellen zu können, daß hier eine gewisse Annäherung der bisher schroff gegenüberstehenden Ansichten stattfindet.

Im Kernpunkt des Bewegungsbildes der Ostalpen stehen die Tauerngesteine, die nach Ansicht der Deckentheorie einem „Fenster" angehören, d. h. einer Masse, die ursprünglich von Decken überwälzt wurde und erst später wieder durch Abtragung freigelegt worden ist. Letzten Endes sollen es die penninischen Gesteine des Wallis sein, welche hier wieder zutage treten, nachdem die oberen ostalpinen Decken abgetragen wurden. Das von HERITSCH ausführlich diskutierte Problem ist noch durchaus ungelöst, trotz des Fortschrittes, den die petrographische Durchforschung gebracht hat. Zweifellos sind die Tauerngesteine etwas anderes, als die übrigen krystallinen Gesteine der Ostalpen. Aber von dieser Feststellung bis zur Annahme des weitgespannten Deckenbaues ist noch ein weiter Schritt. Andererseits lassen die von SANDER entwickelten und von HERITSCH wohl zum Teil befürworteten Vorstellungen wegen ihrer unklaren Fassung, die auch bildlich keine deutliche Darstellung gefunden hat, unbefriedigt.

Je weiter nach Osten man kommt, desto komplizierter scheint das Bild zu werden. Die hier vorliegenden krystallinen Gebirge (Wechselmassiv u. a.) werden von den einen als höchste, mithin am weitesten verfrachtete Einheit, von den anderen als „autochthon", d. h. noch an der Stelle ihrer Bildung befindlich, angesehen. Sehr wichtig ist in dieser Hinsicht die neuerdings betonte Identität dieser Gesteine und ihrer Struktur mit der böhmischen Masse; das spricht gegen die ungeheuren Verfrachtungen aus Süden. Diese Feststellung „voralpiner" nördlicher Gesteine im Alpenkörper führt zu den neuerdings intensiv betriebenen Versuchen, die Gestalt des Alpenraumes vor der Faltung zu rekonstruieren. Man bekommt schon heute den Eindruck, daß dieser Bildungsraum nicht einheitlich war, sondern neben tieferen Meeresträgen Rücken und Inselkränze aufwies, die durchaus nicht, wie man das gelegentlich annahm, genau parallel zum Verlauf der heutigen Alpenzonen gerichtet waren. Aus dieser primären Vielgestaltigkeit des Bildungsraumes und aus den in gewissen Grenzen schwankenden Bewegungsrichtungen werden sich wohl noch manche gegenwärtige Schwierigkeiten erklären lassen.

Schließlich sei noch das zeitliche Problem der Alpenfaltung erwähnt, welches HERITSCH auch ausführlich bespricht. Hier herrscht auch ein Unterschied zwischen West und Ost. Im Westen ist die Hauptfaltung in das Tertiär zu verlegen, während in den Ostalpen schon in der Kreide erhebliche Bewegungen stattgefunden haben. Es ist noch nicht restlos gelungen, das Zusammengehörige und Getrennte auseinanderzuklauben.

Ich habe nur einige wichtige Probleme aus dem anregenden Buch von HERITSCH herausgreifen können. Sehr bedeutsam sind auch die Abschnitte über den Deckenbau der Kalkalpen (der sicher vorhanden ist, ohne daß die Kalkalpen als Ganzes von südlich der Tauern stammen müssen), über die Wurzeln, d. h. das Ursprungsgebiet der Decken, über das Verhältnis zu den Südalpen u. a. m., worauf hier nicht mehr eingegangen werden kann.

ALBERT HEIM hat den zweifellos richtigen Satz ausgesprochen, daß eine Decken„*theorie*" uns heute noch fehlt. Dieser Satz birgt die Wurzel des Fortschrittes, denn gerade die Festlegung auf bestimmte theoretische Vorstellungen hat die Alpenforschung gehemmt, trotz aller Befruchtung, die von der Deckenlehre ausging. HERITSCH hat recht, wenn er betont, daß die ursprüngliche Hoffnung, die die Deckenlehre älterer Fassung erweckte, nicht erfüllt wurde. „Die Anhänger der Deckentheorie ... haben einst versprochen: die Einheitlichkeit des Entfaltungsmechanismus — das scheiterte an der Frage, warum die alpine Geosynklinale ausgepreßt wurde ... — die Einheitlichkeit der Faltungsrichtung — das scheiterte an den O—W oder

SO—NW-Bewegungen — die Einheit der Faltungszeit — dagegen steht die vorgosauische (in der Kreidezeit erfolgte) Gebirgsbildung."

Wenn HERITSCH sich damit auch zu den Gegnern der Deckenlehre älterer Auffassung bekennt, so hat er doch, in ganz hoch zu bewertender Objektivität versucht, allen Standpunkten gerecht zu werden und eine vermittelnde Stellung zu finden. Daß hierbei insbesondere für die Ostalpen noch keine befriedigende Gesamtauffassung herauskommt, liegt in der Natur der Sache. Erfreulich ist schon, daß sich manche, bisher diametral entgegengesetzte Ansichten zu nähern beginnen. Es ist zu bedauern, daß bei den ostalpinen Darstellungen oft das reiche Profilmaterial und die großartige Zeichentechnik der Schweizer fehlt; die unmittelbare Anschaulichkeit, welche den Schweizer Arbeiten so viel Bestechendes verleiht, ist daher in den Ostalpen kaum je erreicht worden. Auch das liegt wohl zum Teil in der Natur der Sache begründet, zum Teil aber auch darin, daß in den Ostalpen das „tektonische Zeitalter der Geologie" viel später begonnen hat, als in der Schweiz.

Von allgemeiner erkenntniskritischer Bedeutung sind schließlich die Schlußseiten des Buches, die den Ursachen der Alpenfaltung gewidmet sind. Ganz in Übereinstimmung mit dem Referenten weist HERITSCH darauf hin, daß die Deckentheorie sich zunächst ganz auf dem Boden der Kontraktionstheorie der Erde entwickelt hat, daß aber gerade durch ihren Ausbau die Voraussetzung — die Kontraktion — unwahrscheinlich wurde, „trotz aller Stützungsaktionen, die neuerdings unternommen worden sind." Daß wir andere geotektonische Grundvorstellungen brauchen, habe ich schon 1921 betont. Dazwischen haben auch gerade die „Deckentheoretiker strengster Observanz", wie ARGAND und STAUB, den Boden der Kontraktionstheorie verlassen und, im Anschluß an WEGENERsche Gedankengänge die Ableitung der Alpenbildung aus einem hypothetischen Vorschub der Indoafrikanischen Scholle gegen Europa-Asien, unter Auspressung der alpinen Geosynklinale versucht. Bei aller Problematik der Einzelheiten hat dieser Gedankenkreis auch für den Referenten etwas Bestechendes. Er stimmt auch darin mit HERITSCH überein, daß diese Vorstellung mit der von SCHWINNER ausgebauten Unterströmungstheorie AMPFERERS nicht unvereinbar ist: aktive Bewegungen in der magmatischen Unterlage können sehr wohl die letzten Ursachen der großen Schollenverfrachtung abgeben.

Das Buch kann als erfreuliche Bestätigung der Worte angesehen werden, mit denen HERITSCH schließt: „Es ist auch klar, daß in den letzten Jahren ein großer Aufschwung in der Erkenntnis des Gebirgsbaues eingetreten ist — der Weg führt aufwärts!" Bis zum Gipfel ist es allerdings noch so weit, wie von der kleinen Scheidegg bis zur Jungfrau.

S. VON BUBNOFF, Breslau.

SOKOL †, RUDOLF, **Geologisches Praktikum.** Berlin: Gebr. Borntraeger 1927. 248 S. und 127 Abbild. Preis RM 14.50.

Das geologische Praktikum des früh verstorbenen Prager Professors reiht sich einigen neuerdings erschienenen Leitfäden der praktischen Geologie an (KEILHACK, STUTZER, PHILIPP, SCHÖNDORF, HÖFER u.a.), ohne sich in der Zielsetzung mit ihnen zu decken. Der Titel scheint mir den Inhalt nicht ganz richtig wiederzugeben. Was SOKOL vor allen Dingen bezweckt, ist eine sehr ausführliche Anleitung zu der Herstellung einer geologischen Karte, mit starker Betonung des dafür notwendigen trigonometrischen Rüstzeuges und mit sehr breiter Behandlung der Darstellung insbesondere gebirgsbildender Merkmale. Im Hinblick darauf wird auch die Ausrüstung des Geologen, die ihm zur Verfügung stehende Apparatur, ausführlicher behandelt. Schon hierbei fällt indessen eine gewisse Ungleichmäßigkeit auf; manches Nebensächliche ist ziemlich breit erörtert worden, andere, kompliziertere Apparate werden dagegen zwar abgebildet, aber doch so kurz beschrieben, daß ein Studierender sich kaum ein genügendes Bild von ihrer Verwendungsart machen kann. Gegenüber diesem Vorwalten der konstruktiven und darstellenden Geologie werden andere Kapitel (Gewinnung und Präparation von Versteinerungen, Beobachtung und Bestimmung von Gesteinen und Mineralien, Gewinnung von Bausteinen usw.) nur sehr kurz, eigentlich anhangsweise, abgehandelt und befriedigen keineswegs die notwendigen Anforderungen. Insbesondere läßt der petrographische Teil sehr viel zu wünschen übrig. So wichtige Fragen, wie Aufsuchung und Bewertung der Lagerstätten, die Lehre vom Wasserhaushalt der Erde, die Technik der Baugesteinsprüfung u.a., sind kaum gestreift. Auch die Gliederung des Stoffes ist etwas zu locker, manches Zusammengehörige ist auseinandergerissen, wodurch Wiederholungen entstehen, und eine Auffindung des einzelnen erschwert wird. Der Referent konnte sich demnach von der unbedingten Zweckmäßigkeit des Buches nicht überzeugen. Er bezweifelt durchaus nicht, daß SOKOL ein ausgezeichneter Lehrer der praktischen Geologie war; aber das geschriebene und das gesprochene Wort sind eben in ihrer Auswirkung verschieden, und Geologie, insbesondere praktische, kann man nicht aus einem Buche erlernen. Hieraus entsteht die Frage, ob das Buch mehr für den Studierenden als Unterstützung des Anschauungsunterrichtes oder für den Dozenten als Leitfaden gedacht ist. In beiden Fällen scheint es mir zu viel und wiederum zu wenig zu geben, da die Erfahrung des Lernens und die des Lehrens, an sich stark individuell gefärbt, keinen überzeugenden Niederschlag gefunden hat.

Für einen Überblick über das engere Gebiet geologisch-tektonischer Darstellungsmethoden kann das Buch indessen nützliche Dienste leisten.

S. v. BUBNOFF, Breslau.

DAMMER, BRUNO, und OSKAR TIETZE †, **Die nutzbaren Mineralien mit Ausnahme der Erze und Kohlen.** I. Band. Zweite, neubearbeitete Auflage. Stuttgart: Ferdinand Enke 1927. XIX, 554 S. und 66 Abbild. 16 × 25 cm. Preis geh. RM 33.—, geb. RM 35.40.

Das Werk wurde in erster Auflage 1913/14 herausgebracht. Sein Erscheinen brachte den Verfassern einen vollen Erfolg; das Buch füllte eine schwerempfundene Lücke aus. Gibt es doch neben den Erzen, den Brennstoffen und Kalisalzen eine Fülle von nutzbaren Mineralien, die vielfach in den verschiedensten technischen Gebieten, in der Landwirtschaft, in der chemischen Industrie usw. nicht geringere Bedeutung besitzen. Dennoch lag bisher keine zusammenhängende Bearbeitung derselben in der deutschen Literatur vor; mit unendlicher Mühe und Sorgfalt wurden die außerordentlich zerstreuten Materialien gesichtet und gesammelt, durch Rundfragen in technischen Kreisen ergänzt und vielfach für einzelne Kapitel besondere Bearbeiter herangezogen. So entstand eine zweckmäßige Ergänzung zu den modernen Lagerstättenlehren, ein wertvolles Handbuch der ökonomischen Mineralogie, welches in erster Linie nur dasjenige, was den Praktiker besonders interessiert, Gewinnung, Verwendung, Bewertung und Produktion, mechanische und chemische Aufbereitungs- und Untersuchungs-

methoden brachte, genetische usw. Fragen dagegen nicht berücksichtigte.

Natürlich konnte der erste Versuch trotz seines guten Gelingens nicht lückenlos sein; das war den Verfassern von Anfang an klar.

In erster Linie ist durch den Weltkrieg eine weitgehende Veränderung der wirtschaftlichen Verhältnisse eingetreten; die notwendig gewordenen Verschiebungen der Rohstoffversorgung führten zur Auffindung neuer Lagerstätten und neuer Verwendungsgebiete. Daher wurde die zweite Auflage notwendig, die in ihrer vorliegenden Form als eine so gut wie völlig neue Bearbeitung bezeichnet werden kann, die im wesentlichen durch Prof. Dr. DAMMER erfolgt ist, der wiederum durch eine Anzahl von Fachkollegen unterstützt wurde.

Einmal ist für die zweite Auflage die Darstellung erheblich erweitert worden durch Hinzunahme der Arsen-, Kobalt- und Lithiummineralien, dann solcher, die erst in neuerer Zeit technische Bedeutung erlangt haben, wie Sillimanit und Halloysit, vor allem aber durch die Behandlung sämtlicher Kali- und Magnesiasalze und schließlich aller Bitumina, wie Erdgas, Erdöl und Ölschiefer.

Jetzt sind also alle Mineralien mit Ausnahme der Erze und Kohlen berücksichtigt.

Ein Fortschritt gegenüber der ersten Auflage ist weiterhin die Beifügung der wichtigsten Literatur.

Die Anordnung des Stoffes erfolgt in der Reihenfolge der mineralogischen Lehrbücher. Bei jedem Mineral bringt ein Kapitel „Allgemeines" erschöpfende Angaben über Lagerungsverhältnisse, Vorkommen und Gewinnung, dann werden in besonderen Abschnitten Verwendung, Wirtschaftliches, Bewertung und Produktion behandelt, wo es erforderlich ist, auch Aufbereitung.

Der vorliegende erste Band behandelt so: Diamant, Graphit, Schwefel, Arsenmineralien, Molybdänglanz, Bleiglanz, Zinkblende, Magnetkies, Schwefelkies, Markasit, Kupferkies, Kobaltmineralien, Quarz, Opal, Zirkon, Rutil, die oxydischen Manganmineralien, Korund, Hämatit, Bauxit, Brauneisenerze, Kali- und Magnesiasalze, Steinsalz, Salmiak, Kryolith, Flußspat, Spinell, Chromeisenerz, Chrysoberyll, Bormineralien, Nitrate, Kalkspat, Aragonit, Dolomit, Magnesit, Zinkspat, Witherit, Strontianit, Natroncarbonat, Malachit, Kupferlasur, Uran-Radium und Thoriumerze.

Die Produktionsangaben sind im allgemeinen auf die Jahre nach 1920 beschränkt worden. Die Ausstattung des Bandes ist, wie man bei dem Verlag von Ferdinand Enke gewöhnt ist, vorzüglich. R. MICHAEL, Berlin.

OSANN, ALFRED, **Die Mineralien Badens.** Herausgeg. von GERTRAUD HEFFTER verw. OSANN. Stuttgart: Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung 1927. VII, 238 S., 7 Tafeln, 1 Karte und 2 Textfiguren. 16 × 25 cm. Preis geh. RM 17.—, geb. RM 19.—.

Seit der dritten Auflage von G. LEONHARDS Werk *„Die Mineralien Badens"* (Stuttgart 1876) war keine Übersicht über die badischen Mineralienvorkommen mehr erschienen, obwohl in den inzwischen verflossenen 50 Jahren mehrere größere Teilgebiete Badens mineralogisch und petrographisch behandelt worden sind wie die Umgebung von *Heidelberg* durch BENECKE und COHEN (1881), die Gegend von *Lahr und Baden-Baden* durch ECK (1884—1892), das *Münstertal* durch SCHMIDT (1886—1889), der *Kaiserstuhl* durch KNOP (1892), die *Zinkerzlagerstätten von Wiesloch* durch SCHMIDT (1880) und die *Kinzigtaler Erzgänge* durch SANDBERGER (1881—1885); dazu kamen die *geologischen Karten* von PLATZ (1885), HEINRICH ECK (1886—1887) und REGELMANN.

Als ALFRED OSANN (Prof. d. Mineralogie in Freiburg i. Br.) im Jahre 1923 starb, hinterließ er ein fast vollendetes Manuskript, das dann von seiner Gehilfin und Gattin überarbeitet und ergänzt wurde. Daß es nunmehr herausgegeben werden konnte, ist der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft zu danken.

Die ersten 11 Seiten behandeln die badischen *Gesteine* als Lagerstätten von Mineralien, während die folgenden 15 Seiten den besonderen Minerallagerstätten gewidmet sind, unter denen die *Erzgänge* den wichtigsten Platz einnehmen. Darauf folgt auf 185 Seiten die Beschreibung von mehr als 200 Mineralarten in der üblichen chemischen Mineralsystematik. Den Schluß machen ein umfangreiches Literaturverzeichnis und ein Register der einzelnen Mineralarten nebst einem Verzeichnis der Fundorte; alle drei Register sind alphabetisch geordnet. Von allgemeinem Interesse ist die folgende *Statistik der badischen Produktion technisch wichtiger Mineralien vor und nach dem Weltkriege.*

Mineralart	Tonnen		
	1913	1919	1925
Zinkerze	3 882	5 160	10 919
Bleierze	428	164	262
Manganerze	—	392	—
Siedesalz und Sole	34 407	26 748	384 494
Gips	59 767	44 540	378 782
Schwerspat	16 455	8 663	16 185
Flußspat	1 957	1 247	3 079

Das ganze Werk ist sorgfältig und übersichtlich abgefaßt und vom Verlage gut ausgestattet.

A. JOHNSEN, Berlin.

Die Binnengewässer, herausgeg. von AUG. THIENEMANN. Bd. II: G. LUNDQUIST, Bodenablagerungen und Entwicklungstypen der Seen. Stuttgart: Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung 1927. 124 S. und 60 Abbild. 17 × 25 cm. Preis geh. RM 19.50, geb. RM 21.—.

Hauptsächlich auf der Unterlage seiner eigenen originellen Untersuchungen gibt uns LUNDQUIST den Versuch einer entwicklungsgeschichtlichen Seenlehre, die sich auf die Analyse der fossilen Ablagerungen des Seebodens und deren Altersbestimmung gründet. Biologische Gesichtspunkte kommen nur sekundär in Frage, insofern als die mikrobiologischen Verhältnisse der Bodentypen mit ein Gegenstand der Untersuchung sind. Das Vorkommen der Sedimente und die Verteilung der Lagerfolgen auf bestimmte Gruppen läßt eine gewisse Gesetzmäßigkeit erkennen, wobei der Einfluß dynamischer Faktoren (Windrichtung, Strömungen) berücksichtigt werden muß. Von entwicklungsgeschichtlichen Gesichtspunkten aus erfolgt die Aufstellung von Seentypen, die von dem gegenwärtigen Aussehen der Seen unabhängig sind und daher von der biologischen Einteilung der Seen durch NAUMANN und THIENEMANN in eutrophe, oligotrophe und dystrophe völlig abweichen. Dagegen stehen LUNDQUISTS Seentypen im Zusammenhang mit dem geologischen Aufbau und der geologischen Entwicklung des Landes. Es ist der erste Schritt in ein Arbeitsgebiet, das bei mühsamer Einzelforschung schöne Ergebnisse verspricht und zu dem wir dem Verfasser reichliche Hilfe tüchtiger Mitarbeiter wünschen. R. HESSE, Berlin.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.